

UNIVERSIDADE DE LISBOA
Faculdade de Belas-Artes



Para uma Taxonomia da Multimodalidade na Interacção Homem-Computador

Proposta Aberta de Classificação Pluridimensional

Sónia Isabel Ferreira dos Santos Rafael

DOUTORAMENTO EM BELAS-ARTES
Especialidade de Design de Comunicação

2014

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Belas-Artes



Para uma Taxonomia da Multimodalidade na Interacção Homem-Computador

Proposta Aberta de Classificação Pluridimensional

Sónia Isabel Ferreira dos Santos Rafael

DOUTORAMENTO EM BELAS-ARTES

Especialidade de Design de Comunicação

Tese orientada pelo Prof. Doutor Victor M. Marinho de Almeida

2014

RESUMO

Para uma Taxonomia da Multimodalidade na Interação Homem-Computador

Proposta Aberta de Classificação Pluridimensional

A Interação Homem-Computador tem-se assumido como uma área interdisciplinar que integra contributos de diversas áreas científicas como a engenharia, a filosofia, as ciências sociais e humanas e o design.

A presente investigação tem como principal objectivo o estudo e a classificação das Interações Homem-Computador de carácter multimodal e procura contribuir para a produção de ferramentas teóricas de concepção, análise e construção de interfaces, compreendendo a forma como agentes humanos e informáticos interagem entre si.

A primeira parte, integra o enquadramento conceptual e histórico sustentado pela revisão de literatura. A segunda, apresenta propostas de sistemas de classificação de modalidades de interação, de processos interactivos e de interações, baseados em reflexão académica e análise prévia do estado da arte, quando existente. É dada especial atenção ao paradigma de interação natural pelo seu carácter historicamente dominante.

O défice de análise académica registado no âmbito desta temática, contribuiu para o desenvolvimento de uma investigação de carácter tipológico e exploratório.

Palavras-chave: "Sistemas de classificação", "Interação Homem-Computador", "Modalidades de Interação", "Multimodalidade", "Design de Interfaces".

ABSTRACT**Towards a Taxonomy of Multimodality in Human-Computer Interaction**

An Open and Pluridimensional Classification Proposal

Human-computer interaction has emerged as a interdisciplinary area that integrates contributions from different scientific territories such as engineering, philosophy, psychology, and design. This conveys a need for shared conceptual tools that promote interface invention, development, and analyses.

This study aims to develop a pluridimensional classification system that encompasses the maximum diversity through the consideration of the multiple classification systems that have been put forward in the analyses of multimodality in human-computer interaction. The present investigation intends to contribute with a deeper understanding on the manners that interactions develop and/or may develop between human and computer agents.

The investigation comprises two parts. The first, reviews conceptual and historic background supported by literature. The second, pursues investigation goals supporting it self on the different classification dimensions portrayed in academic classification systems on the analyses of multimodality in human-computer interaction. This leads to interaction modalities, interactive processes, and interactions classification systems presentation. The natural interaction paradigm receives special attention given its dominant and historical status. The absence of relevant academic analyses in some of the main classifications dimensions promotes a typological and exploratory approach.

Keywords: "Classification systems", "Human-Computer Interaction", "Interaction Modalities", "Multimodality", "Interface Design".

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos dirigem-se a todos os que contribuíram para que esta investigação se pudesse concretizar.

Um agradecimento muito especial ao orientador Victor Almeida cujo estímulo e apoio se revelaram determinantes.

Aos amigos e à família. Ao meu marido e nossos filhos, João Afonso e Maria Teresa, devo a palavra mais singela: obrigada.

ÍNDICES

Índice Geral	ix
Índices de Figuras e de Quadros	xiv
Índice de Siglas	xix

—

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	21
i) Tema, seus contornos e implicações gerais	24
ii) Questão central e questões secundárias	26
iii) Organização, critérios metodológicos e seus limites	30
PARTE I: ENQUADRAMENTO TEÓRICO	33
Capítulo 1: Multimodalidade e interacção homem-computador	35
NOTA INTRODUTÓRIA	37
1. A interacção homem-computador de carácter multimodal	39
1.1. A interacção homem-computador	39
1.2. Experiência do utilizador, usabilidade e acessibilidade	40
1.3. Modelos de interacção homem-computador	42
1.4. Contributos para a compreensão da percepção multimodal e da sua aplicação na interacção homem-computador	50
1.5. Emergência da investigação na interacção multimodal homem-computador	57
2. A implementação de interfaces multimodais homem-computador	58
2.1. Potencialidades e constrangimentos	58
2.2. Objectivos de implementação de interfaces multimodais	62
2.3. Requisitos de desenvolvimento	65
3. A necessidade de classificar a interacção homem-computador	66
SÍNTESE CONCLUSIVA	71

PARTE II: ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA INTERACÇÃO HOMEM-COMPUTADOR	73
Capítulo 2: Conceitos, definições e classificações de âmbito geral	75
NOTA INTRODUTÓRIA	77
1. Critérios metodológicos de selecção de entidades a classificar	79
1.1. Percepção e modalidades sensoriais humanas	79
1.2. Exclusões metodológicas	82
2. Conceitos estruturantes adoptados	84
2.1. Agente informático	84
2.2. Modalidade de interacção	85
2.3. Interacção e processos interactivos	87
2.4. Objectivos de interacção	89
2.5. Unimodalidade e multimodalidade em processos interactivos	92
2.6. Metodologia de apresentação de propostas de sistemas de classificação	93
SÍNTESE CONCLUSIVA	95
Capítulo 3: Interdependência de processos interactivos	97
NOTA INTRODUTÓRIA	99
1. Classificação de processos interactivos quanto à relação que estabelecem externamente	101
2. Classificação de processos interactivos quanto à relação que estabelecem internamente	106
3. Classificação de interacções quanto ao número e definição da sequência de pares conjugados de processos interactivos desenvolvidos	114
SÍNTESE CONCLUSIVA	119
Capítulo 4: Unimodalidade e multimodalidade	123
NOTA INTRODUTÓRIA	125
1. Classificação de processos interactivos quanto ao número de modalidades de interacção utilizadas	127
2. Classificação de interacções homem-computador quanto às modalidades de interacção utilizadas nos seus processos interactivos	129
2.1. Número de modalidades de interacção utilizadas nos vários processos interactivos	129
2.2. Conservação e alternância de modalidades de interacção	131
2.3. Conservação e alternância no número e natureza sensorial de modalidades de interacção	136

3. Classificação de processos interactivos quanto ao contexto de selecção de modalidade(s) de interacção	174
3.1. Estado da arte	174
3.2. Proposta de sistema de classificação de processos interactivos quanto ao contexto de selecção da(s) modalidade(s) de interacção	176
4. Classificação de modalidades de interacção quanto ao número e contexto de selecção de dimensões de informação	182
SÍNTESE CONCLUSIVA	191
 Capítulo 5: Associação de dados multimodais e/ou multidimensionais	195
NOTA INTRODUTÓRIA	197
1. Classificação de estratégias de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais	199
1.1. Estado da arte	199
1.2. Proposta de sistema de classificação de estratégias de associação de dados multimodais	210
1.3. Proposta de sistema de classificação de estratégias de associação de dados multidimensionais	217
2. Classificação de objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais	225
2.1. Estado da arte	226
2.2. Proposta de sistema de classificação de objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais	228
3. Classificação da concertação temporal de dados multimodais e/ou multidimensionais	232
3.1. Estado da arte	232
3.2. Proposta de sistema de classificação de estratégias de concertação de dados multimodais/multidimensionais	238
SÍNTESE CONCLUSIVA	245

Capítulo 6: Naturalidade de interacção	247
NOTA INTRODUTÓRIA	249
1. Naturalidade e artificialidade de modalidades de interacção	251
1.1. Estado da arte	252
1.2. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade de modalidades de interacção	254
1.3. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade de modalidades de <i>output</i> e de canais de <i>input</i>	259
1.4. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade integrada de modalidades de interacção	262
1.5. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade integrada de processos interactivos	268
1.5.1. Grau de naturalidade de processos interactivos unimodais	268
1.5.2. Grau de naturalidade de processos interactivos multimodais	270
1.5.2.1. Grau de naturalidade das modalidades de <i>output</i> de processos interactivos multimodais	272
1.5.2.2. Grau de naturalidade dos canais de <i>input</i> de processos interactivos multimodais	274
1.5.2.3. Grau de naturalidade integrada de processos interactivos multimodais em função da classificação das suas modalidades de <i>output</i> e canais de <i>input</i>	275
1.6. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade integrada de interacções	285
SÍNTESE CONCLUSIVA	287
 Capítulo 7: <i>Design Spaces</i>	291
NOTA INTRODUTÓRIA	293
1. <i>Design Spaces</i>	295
1.1. Estado da arte	296
1.2. Contextos de aplicação	305
SÍNTESE CONCLUSIVA	309

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES	311
1. Parte teórica	313
2. Parte empírica	317
2.1. Modelo teórico definido	317
2.2. Unimodalidade e Multimodalidade	319
2.3. Relação entre PIs	321
2.4. Definição da estrutura de desenvolvimento de uma HCI Complexa	323
2.5. Contexto de selecção das MIs e/ou DIs utilizadas	323
2.6. Associação de dados multimodais e/ou multidimensionais	326
2.7. Naturalidade de interacção	328
3. Implicações para futuras investigações	331
3.1. Aplicação, consolidação e transformação	331
3.2. Concepção de <i>design spaces</i>	333
 BIBLIOGRAFIA	 339
 ANEXO	 355
Compêndio das propostas de sistemas de classificação	A/1

ÍNDICES DE FIGURAS E DE QUADROS

Índice de Figuras

Figura 1.1.	Modelo base de interacção homem-computador (Nigay, 1994)	44
Figura 1.2.	Modelo <i>Pipe-Lines</i> para a interacção homem-computador (Nigay, 1994)	45
Figura 2.	Processo geral da comunicação multimodal homem-computador (Shomaker <i>et al</i> , 1995)	46
Figura 3.	Processo geral da comunicação multimodal homem-computador (D'Ulizia, 2009)	47
Figura 4.	Diálogo multimodal utilizador-sistema (Cashera, Ferri e Grifoni, 2009)	47
Figura 5.	Modelo Shannon-Weaver (Emsenhuber, 2011)	48
Figura 6.	Proposta de modelo geral da interacção homem-computador	49
Figura 7.	Modalidades para a sensação e acção humanas (Sharma <i>et al</i> , 1998)	80
Figura 8.	Proposta de modelo de relação externa entre processos interactivos	103
Figura 9.	Proposta de modelo de relação interna entre processos interactivos	111
Figura 10.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs Unimodais com Perfeição ao nível dos MOs utilizados	138
Figura 11.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs Unimodais com Imperfeição ao nível dos MOs utilizados	138
Figura 12.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Perfeição ao nível dos MOs utilizados	139
Figura 13.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Imperfeição Sensorial ao nível dos MOs utilizados	140
Figura 14.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Imperfeição Numérica ao nível dos MOs utilizados	141
Figura 15.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Imperfeição Sensorial e Numérica ao nível dos MOs utilizados	142
Figura 16.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs com Variedade Modal com Imperfeição Sensorial ao nível dos MOs utilizados	143
Figura 17.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs com Variedade Modal com Imperfeição Numérica ao nível dos MOs utilizados	144
Figura 18.	Exemplo de Interacção Complexa constituída apenas por PIIs com Variedade Modal com Imperfeição Sensorial e Numérica ao nível dos MOs utilizados	145

Figura 19.	Estratégias de fusão de dados multimodais (Hall e Llinas, 1997)	203
Figura 20.	Estratégias de fusão de dados multimodais (Sharma <i>et. al.</i> , 1998)	204
Figura 21.	Estratégias de fusão de dados multimodais (D’Ulizia, 2009)	208
Figura 22.1.	Proposta de modelo geral de estratégias de associação de dados multimodais (i)	211
Figura 22.2.	Proposta de modelo de estratégias de associação de dados multimodais (ii)	213
Figura 22.3.	Proposta de modelo de estratégias de associação híbridas de dados multimodais	215
Figura 23.	Exemplo de estratégia de fusão dos sinais a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais	218
Figura 24.	Exemplo de estratégia de fusão dos dados a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais	219
Figura 25.	Exemplo de estratégia de fusão dos significados a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais	220
Figura 26.	Exemplo de estratégia de fusão híbrida a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais (Hip. 1)	221
Figura 27.	Exemplo de estratégia de fusão híbrida a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais (Hip. 2)	222
Figura 28.	Exemplo de estratégia de fusão híbrida a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais (Hip. 3)	223
Figura 29.	Proposta de modelo de transmissão de dados modais	259
Figura 30.	Proposta de modelo de processo interactivo multimodal	271
Figura 31.	Proposta de modelo de processo interactivo multimodal natural	278
Figura 32.	Proposta de modelo de processo interactivo multimodal natural artificializado	278
Figura 33.	Proposta de modelo de processo interactivo multimodal artificial	279
Figura 34.	Proposta de modelo de processo interactivo multimodal em imparidade modal total perfeita	280
Figura 35.	Proposta de modelo de processo interactivo multimodal em imparidade modal total imperfeita	282
Figura 36.	Espaço de classificação de sistemas de interacção (Gourdol <i>e tal.</i> , 1992)	298
Figura 37.	<i>Design space</i> para sistemas multimodais (Nigay e Coutaz, 1993)	299

Figura 38.	Referencial Multi-Sensorial-Motor (Nigay, 1994)	301
Figura 39.	<i>Design Framework</i> (Martin, 1997)	303

Índice de quadros

Quadro 1.	Diferentes sentidos e correspondentes modalidades (Shomaker <i>et. al.</i> , 1995)	80
Quadro 2.	Tipos de modalidades para humanos (Becker, 2001)	81
Quadro 3.	Estratificação de uma Interação Homem-Computador	89
Quadro 4.	Classificação-base de processos interactivos	93
Quadro 5.	Classificação de processos interactivos quanto à sua relação externa	102
Quadro 6.	Classificação de processos interactivos quanto à sua relação interna	110
Quadro 7.	Exemplo de dinâmica de processos interactivos em interdependência externa e interna	113
Quadro 8.1.	Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção (i)	115
Quadro 8.2.	Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção (ii)	116
Quadro 8.3.	Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção (iii)	117
Quadro 9.	Classificação de um processo interactivo quanto ao número de modalidades de interacção	128
Quadro 10.1.	Grelha de emparelhamento da profusão de modalidades de interacção ao nível dos processos interactivos de uma interacção singular	129
Quadro 10.2.	Classificação de uma interacção singular quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos	130
Quadro 11.1.	Classificação de uma interacção complexa quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos (i)	131
Quadro 11.2.	Classificação de uma interacção complexa quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos (ii)	132
Quadro 11.3.	Possibilidades de articulação de processos interactivos iniciativos e resolutivos ao nível da profusão das suas modalidades de interacção	135
Quadro 11.4.	Classificação de uma interacção complexa quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos (iii)	147
Quadro 12.1.	Classificação de um processo interactivo quanto à profusão e contexto de selecção das modalidades de interacção (i)	177

Quadro 12.2.	Classificação de um processo interactivo quanto à profusão e contexto de selecção das modalidades de interacção (ii)	179
Quadro 13.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto à profusão e contexto de selecção das dimensões de informação	184
Quadro 14.1.	Classificação de estratégias de associação de dados multimodais (i)	212
Quadro 14.2.	Classificação de estratégias de associação de dados multimodais (ii)	214
Quadro 15.	Classificação de estratégias de associação de dados multidimensionais	224
Quadro 16.1.	Classificação de objectivos de associação de dados multidimensionais (i)	228
Quadro 16.2.	Classificação de objectivos de associação de dados multidimensionais (ii)	231
Quadro 17.	Padrões lógicos de sobreposição temporal de <i>inputs</i> (Oviatt <i>et al</i> , 1997)	233
Quadro 18.	Alinhamento temporal de modalidades (Flippo, 2003)	237
Quadro 19.	Classificação de estratégias de concertação temporal de dados multidimensionais	239
Quadro 20.1.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (Hip. A)	254
Quadro 20.2.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (Hip. B)	255
Quadro 20.3.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (Hip. C)	256
Quadro 21.	Classificação de uma modalidade de <i>output</i> quanto ao seu grau de naturalidade	261
Quadro 22.	Classificação de um canal de <i>input</i> quanto ao seu grau de naturalidade	262
Quadro 23.	Grelha de emparelhamento do grau de naturalidade de modalidades de <i>output</i> e canais de <i>input</i> ao nível dos processos interactivos	263
Quadro 24.1.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade	263
Quadro 24.2.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade	265
Quadro 25.	Classificação de um processo interactivo unimodal quanto ao seu grau de naturalidade	268
Quadro 26.	Classificação de um processo interactivo multimodal quanto ao grau de naturalidade das suas modalidades de <i>output</i>	273
Quadro 27.	Classificação de um processo interactivo multimodal quanto ao grau de naturalidade dos seus canais de <i>input</i>	274

Quadro 28.	Possibilidades de combinação do grau de naturalidade de modalidades de <i>output</i> e canais de <i>input</i> recorridos num processo interactivo multimodal	276
Quadro 29.	Caracterização de casos paradigmáticos de grau de naturalidade de processos interactivos multimodais	283

ÍNDICE DE SIGLAS

AH / AHs	Agente Humano / Agentes Humanos
AI / AIS	Agente Informático / Agentes Informáticos
CI / CIs	Canal de <i>Input</i> / Canais de <i>Input</i>
DI / DIs	Dimensão de Informação / Dimensões de Informação
FPI / FPIs	Fragmento de Processo Interactivo / Fragmentos de Processo Interactivo
FPII / FPIIs	Fragmento de Processo Interactivo Iniciativo / Fragmentos de Processo Interactivo Iniciativo
FPIR / FPIRs	Fragmento de Processo Interactivo Resolutivo / Fragmentos de Processo Interactivo Resolutivo
HCI / HCIs	Interacção Homem-Computador / Interações Homem-Computador
MI / MIs	Modalidade de Interação / Modalidades de Interação
MO / MOs	Modalidade de <i>Output</i> / Modalidades de <i>Output</i>
MO / MOs	Modalidade de <i>Output</i> / Modalidades de <i>Output</i>
PCPI / PCPIs	Par Conjugado de Processos Interactivos / Pares Conjugados de Processos Interactivos
PI / PIs	Processo Interactivo / Processos Interactivos
PII / PIIs	Processo Interactivo Iniciativo / Processos Interactivos Iniciativos
PIR / PIRs	Processo Interactivo Resolutivo / Processos Interactivos Resolutivos
UX	Experiência do utilizador
UI / UIs	Interface de utilizador / Interfaces de utilizador

INTRODUÇÃO

(...) there is nothing more enjoyable than classifications, tables. It's like the skeleton of a book, or its vocabulary, its dictionary. It's not the essential thing, which comes afterwards, but it's an indispensable preparatory work. (...) In a classification it is always a matter of bringing together things which are apparently very different, and of separating the very close. It's the formation of concepts. It is sometimes said that "Classical" or "Romantic," or else the "New Novel" or "Neo-Realism," are inadequate abstractions. I believe they are well-founded categories, provided we relate them, not to general forms, but to singular signs or symptoms.

Gilles Deleuze (1998: 50)

O papel de mediação do computador na experiência de vida contemporânea assumiu progressivamente um carácter incontornável, tendo as últimas décadas contribuído relevantemente para essa realidade.

Esta presença, que se orienta para a ubiquidade e centra o design de interacção na experiência do utilizador (UX), levou a que a análise da Interacção Homem-Computador (HCI) tenha emergido como um campo de estudo particularmente dinâmico e interdisciplinar.

A concepção original dos computadores como instrumentos que executam operações arbitrárias sustentadas na aquisição de dados e posterior apresentação de um resultado, foi-se transfigurando ao longo dos anos. De facto, os modelos de interacção alteraram-se e foram ficando cada vez mais próximos da forma como interagimos em contexto homem-homem e/ou homem-ambiente.

Este processo de mudança foi acompanhado por uma crescente necessidade de problematização teórica e caracterização da interacção do homem com os sistemas informáticos que continua a carecer de ferramentas de análise suficientemente abrangentes e tangíveis que permitam sonhar o inimaginável e cogitar soluções inovadoras livres dos constrangimentos tecnológicos e conceptuais contemporâneos.

O universo da HCI está em constante e rápida evolução, pelo que qualquer esforço na sua classificação e sistematização corresponderá sempre a um processo complexo, contínuo e forçosamente dinâmico, sujeito a permanentes revisões. No entanto, um tal esforço não deve ser negligenciado, de modo a promover:

- a *praxis*, através da articulação entre a teoria e a prática, enquadrando conceptualmente e estruturalmente o design, a análise, a comparação e a avaliação de soluções de HCI;
- a inovação, através da clarificação de relações entre entidades e de soluções de interacção menos óbvias;
- a utilização de uma linguagem comum a investigadores, a designers e demais intervenientes no processo de concepção de sistemas de HCI.

A análise e compreensão de contextos de classificação na interacção homem-computador de carácter multimodal potenciará o desenvolvimento de interfaces com níveis superiores de usabilidade e satisfação.

i) Tema, os seus contornos e implicações gerais

Tal como na Interacção Homem-Homem, uma HCI deve possibilitar o cumprimento dos objectivos de interacção de ambos os intervenientes de modo a assegurar o seu sucesso. Assim, uma HCI deve desenvolver-se através de um plano intrinsecamente focado nos seus actores: o agente humano (AH) e o agente informático (AI).

A sujeição de uma HCI ao simples cumprimento dos objectivos de interacção do AH, ape-

sar de académica e industrialmente suportada, negligencia as perspectivas de evolução tecnológica e a consequente alteração de paradigma relacional homem-computador. Assim, justifica-se e defende-se a idealização de interfaces e interações mais profundas e completas em que o AI seja equiparado conceptual e hierarquicamente ao AH.

Para que tal objectivo possa ser alcançado, é necessária a definição de um quadro teórico que integre a miríade de possibilidades de desenvolvimento de uma HCI e, consequentemente, os processos de concepção, construção e implementação de interfaces.

O esforço de classificar, descrever e explicar é inerente a qualquer corpo de conhecimento e encontra-se na base da ciência. Trata-se de um conjunto de objectivos intimamente ligado à necessidade do homem compreender o mundo natural, assim como os ambientes em que se insere (sejam eles de carácter natural ou arquitectado, ou de expressão real ou virtual). Por esta razão, encontramos taxonomias, tipologias e demais estruturas de categorização em todas as áreas do conhecimento. O universo da HCI não deve ser uma excepção.

Se, por um lado, a generalidade das áreas do conhecimento se encontra consolidada, nomeadamente no âmbito analítico e classificativo, o mesmo não se pode dizer a propósito da HCI. O seu objecto teórico resulta da convergência de contributos localizados, provenientes de áreas de conhecimento tão díspares como a física, a biologia, a neurologia, a antropologia, a psicologia, a filosofia e o design, e é fortemente influenciado pela acelerada evolução histórica ao nível da electrónica, da electrotecnia e da informática, expressa em transfigurações rápidas e numa constante emergência de novas potencialidades e tendências.

Este contexto promoveu uma dispersão conceptual e tecnológica, assente na novidade e na inovação pela inovação, tanto por parte da academia (através da profusão de estudos de caso e de provas de conceito — *proofs of concept*) como da indústria (no desenvolvimento de tecnologias fundamentalmente orientadas para o mercado), relegando para segundo plano a consolidação de um corpo de conhecimento sistematizado e coerente e dando origem a modelos de análise e concepção de HCIs incidentais e de difícil generalização.

ii) Questão central e questões secundárias

De que modo a Interação Homem-Computador de carácter multimodal se pode constituir?

A investigação procura responder à questão central, acima enunciada, através da apresentação de propostas de sistemas de classificação pluridimensionais que, integradas numa taxonomia (de pendor tipológico) abrangente, permitam inventariar e descrever as variáveis relevantes para os contextos da multimodalidade.

A circunscrição do objecto de análise à multimodalidade nas HCIs deveu-se ao facto da evolução tecnológica indiciar o desenvolvimento de HCIs cada vez mais próximas do modo como interagimos em contexto natural e da percepção humana resultar de uma construção de carácter multimodal.

Neste contexto, torna-se fundamental definir um conjunto de questões secundárias complementares a que se procurará dar resposta.

Quais são as classes de:

- Modalidades de Interação com relevância para a Interação Homem-Computador de carácter multimodal?
- Processos Interactivos que se podem desenvolver para a compreensão da Interação Homem-Computador de carácter multimodal?
- Interações Homem-Computador de carácter multimodal que se podem estabelecer?
- Associação de dados multimodais que podem ocorrer numa Interação Homem-Computador?

Face à questão central e às questões secundárias definidas, foi concebido um modelo de análise onde se definem Dimensões de Informação (DIs), Modalidades de Interação (MIs), Processos Interactivos (PIs), Pares Conjugados de Processos Interactivos (PCPIs) e HCIs.

Estes conceitos estruturais assumem-se como objecto de análise e serão analisados através das seguintes dimensões de classificação:

- relação estabelecida entre PIs;
- número de PCPIs desenvolvidos numa HCI;

- plano de desenvolvimento de PCPIs numa HCI;
- número de MIs utilizadas num PI;
- número e natureza sensorial das MIs utilizadas nos PIs de uma HCI;
- contexto de selecção das MIs de um PI;
- número e contexto de selecção das DIs de uma MI;
- estratégias de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI;
- objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI;
- concertação temporal de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI;
- grau de naturalidade de MIs;
- grau de naturalidade de PIs;
- grau de naturalidade de HCIs.

A dimensão de classificação relação estabelecida entre PIs (ver ponto 1 e 2 do capítulo 3), proporciona uma primeira análise à dicotomia funcional entre PIs que promovem a apresentação de solicitações — os Processos Interactivos Iniciativos (PIIs); e PIs que promovem a apresentação de respostas às solicitações — os Processos Interactivos Resolutivos (PIRs). Seguida dos seguintes níveis autónomos de desenvolvimento: a relação externa que se pode estabelecer entre um PI de uma HCI e um PI de uma outra HCI (desenvolvida pelos mesmos agentes) quanto ao papel consequente que registam entre si (i.e., ao nível do desencadear ou do encerrar da outra HCI); e a relação interna que se pode estabelecer entre PIs de uma mesma HCI, quanto ao papel por cada um assumido ao nível da promoção do início, continuidade ou conclusão da referida HCI. A análise à dicotomia entre PIs que promovem solicitações e PIs que promovem respostas é, deste modo, desenvolvida no sentido de clarificar:

1. Se um PII é apresentado autonomamente ou resulta do desenvolvimento consequente de outra HCI; e se um PIR esgota o seu potencial interactivo na HCI que integra ou influencia o desencadear de uma HCI distinta.
2. Se um PII dá início a uma HCI, desencadeando-a, ou apenas lhe dá continuidade; e se um PIR encerra uma HCI, assegurando o cumprimento dos seus objectivos, ou implica a sua continuidade.

Este último nível de desenvolvimento autónomo aborda o entendimento de que uma HCI pode necessitar de mais do que um PII e do que um PIR para ser concluída.

Este princípio, promove a abordagem à dimensão de classificação número de PCPIs desenvolvidos numa HCI (ver ponto 3 do capítulo 3) que distingue HCIs constituídas pela intervenção episódica do AH e do AI — Interacções Singulares; e aquelas que se desenvolvem através da intervenção repetida e dependente de cada um destes — Interacções Complexas. Estas últimas, pelo seu carácter diverso, justificam a imediata classificação fina ao nível da caracterização das regras associadas ao seu plano de desenvolvimento, assim como da identificação do(s) agente(s) responsável(eis), assimilando deste modo a dimensão de classificação plano de desenvolvimento de PCPIs (ver ponto 3 do capítulo 3). Esta visa a clarificação da existência, ou não, de condicionalismos associados ao referido plano de desenvolvimento.

A dimensão de classificação número de MIs utilizadas num PI (ver ponto 1 do capítulo 4) dá início à sistemática da multimodalidade no âmbito da HCI, caracterizando PIs Unimodais e PIs Multimodais. Trata-se de uma distinção de nível hierárquico superior e será desenvolvida reticularmente ao nível das Interacções Singulares e das Interacções Complexas com vista à clarificação do modo como a multimodalidade e a unimodalidade, nelas intervêm.

Esta diversidade será caracterizada na dimensão de classificação número e natureza sensorial das MIs utilizadas nos PIs de uma HCI (ver ponto 2 do capítulo 4) ao nível da conservação e alternância das modalidades de interacção adoptadas nos seus vários PIs, com incidência na natureza sensorial das mesmas. Será ainda desenvolvida no âmbito da dimensão de classificação contexto de selecção das MIs de um PI numa HCI (ver ponto 3 do capítulo 4), através da classificação fina do seu enquadramento, nomeadamente ao nível da possibilidade de sua escolha ou imposição, da identificação do seu autor e, ainda, do contexto de definição deste.

A análise às referidas dimensões de classificação remete, por paralelismo conceptual, para a abordagem à dimensão de classificação número e contexto de selecção das DIs de uma MI (ver ponto 4 do capítulo 4). De facto, os desafios e objectivos específicos associados à execução de PIs Multimodais encontram similitudes com aqueles que se associam ao recurso a MIs que integram mais do que uma DI — MIs Multidimensionais — no contexto de um PI.

De seguida, aborda-se o contexto abrangente da associação de dados multimodais e/ou mul-

tidimensionais. Neste âmbito, propõe-se a análise a três dimensões de classificação que, globalmente, permitem a caracterização do processo de conjugação de dados entre MIs e/ou DIs.

A dimensão de classificação estratégias de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI (ver ponto 1 do capítulo 5) permite uma caracterização do posicionamento funcional da fusão dos dados provenientes de distintos sensores. Deste modo, adopta-se um modelo de arquitectura de processamento de dados multimodais e/ou multidimensionais que integra, sequencialmente, os processos de aquisição de sinais, reconhecimento de dados e decisão de significados, perspectivando-se o evento de associação de dados como possível de ocorrer em qualquer uma destas três fases.

Por sua vez, a dimensão de classificação objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI (ver ponto 2 do capítulo 5) parte do entendimento de que a sua declaração é relevante, pelo que devem ser considerados e classificados. De facto, a associação tem como objectivo a produção de um significado comum embora o modo como os dados de cada uma das MIs e/ou das DIs contribui para esse resultado pode variar.

Por fim, a dimensão de classificação concertação temporal de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI (ver ponto 3 do capítulo 5) promove a caracterização da utilização simultânea ou sequencial das várias MIs e/ou DIs envolvidas num PI. Deste modo, procede-se a uma análise de nível superior em que se perspectiva a sua utilização síncrona e assíncrona, posteriormente desenvolvida através de uma caracterização fina de cada um destes níveis e das suas possibilidades de hibridização.

Por outro lado, as dimensões de classificação grau de naturalidade de MIs, grau de naturalidade de PIs e grau de naturalidade de HCIs (ver capítulo 6) promovem, progressivamente, a análise do grau de naturalidade registado entre o modo como decorre a interacção entre um AH e um AI e a interacção que, por paralelismo, se desenvolveria em contexto de interacção homem-homem ou homem-ambiente. Esta classificação sustenta a sua relevância no paradigma que domina toda a história da HCI: o paradigma de interacção natural.

Correspondendo a HCI ao conceito mais abstracto, esta é desenvolvida numa perspectiva *bottom up* progressiva (MI → PI → HCI). Inicia-se, deste modo, com a classificação de uma MI ao nível do grau de naturalidade do recurso à Modalidade de *Output* (MO) e ao Canal de *Input* (CI) utilizados, seguida da classificação de um PI ao nível da comparação entre o grau

de naturalidade das suas MIs. Este contexto conclui-se com a classificação integrada de uma HCI. As DIs, enquanto unidade estrutural mais fina de uma HCI, não são aqui abordadas atendendo a que, por definição adoptada, todas as DIs de uma mesma MI possuem natureza sensorial comum. Deste modo, a abordagem classificativa de uma qualquer MI promove a classificação indireta da(s) sua(s) DI(s) em função do(s) seu(s) grau(s) de naturalidade.

iii) Organização, critérios metodológicos e os seus limites

A presente investigação divide-se em duas partes. Na primeira, o enquadramento teórico (a multimodalidade e a interacção homem-computador) integra uma abordagem histórica e cultural dos processos tecnológicos que promoveram HCIs progressivamente mais focadas na usabilidade e acessibilidade do utilizador, assim como na ubiquidade, naturalidade e multimodalidade dos processos de interacção; e aborda ainda a carência de um corpo de conhecimento coerente e consolidado.

Na segunda parte, investiga-se a HCI (conceitos, definições e classificações de âmbito geral; interdependência de processos interactivos; unimodalidade e multimodalidade na interacção; associação de dados multimodais e/ou multidimensionais; naturalidade de interacção; e *design spaces*). Realiza-se, para o efeito, uma análise aos sistemas de classificação academicamente estabelecidos e relevantes no contexto da HCI de carácter multimodal (quando existentes), com a posterior apresentação de propostas de sistemas de classificação que ampliem e desenvolvam o seu corpo de conhecimento. Estas propostas refletem frequentemente um carácter ensaísta sustentado em reflexão autoral consolidada.

Abordam-se ainda os *Design Spaces* (ver capítulo 7), enquanto ferramentas elementares e abrangentes de classificação que desempenham um papel relevante ao nível dos processos de engenharia e desenvolvimento de interfaces. A sua importância resulta da capacidade de promoverem a *praxis* entre academia e indústria mas o seu carácter operativo, expresso numa excessiva simplificação analítica, apresenta-se como um obstáculo à plena compreensão dos processos de HCI.

A opção por uma taxonomia, como ferramenta teórica, é estratégica uma vez que possibilita a organização e a ordenação de informações de forma lógica e permite construir uma estrutura hierárquica unidimensional ou multidimensional, revele-se ela de modo linear ou de modo não-linear. Adota-se, no entanto, um conceito de taxonomia mais aberto, fundindo-o com o conceito de tipologia.

De facto, enquanto que uma taxonomia visa a descrição de soluções observadas desenvolvendo-se a declaração de classes a partir de trabalho empírico (numa abordagem *bottom up*), uma tipologia é geralmente entendida como resultando de processos de decisão teórica onde os tipos são delimitados teórica e conceptualmente (numa abordagem *top down*).

O carácter tendencialmente libertário da concepção de uma tipologia permite a ponderação de soluções que o carácter natural e estritamente descritivo de uma taxonomia impossibilita. Por sua vez, uma taxonomia é mais abrangente atendendo ao facto de prever a avaliação e classificação de um número superior de características e adoptar um carácter mais quantitativo, por oposição ao carácter mais qualitativo e genérico de uma tipologia.

As propostas de sistemas de classificação apresentadas procurarão, deste modo, agregar o carácter descritivo de uma taxonomia e o carácter exploratório de uma tipologia, potenciando a diversidade analítica. Adota-se, no entanto, a terminologia de taxonomia em detrimento da de tipologia atendendo à sua preponderância académica e ao contexto real de sua aplicação, assim como a de classes em detrimento da de tipos (como consequência).

PARTE I**ENQUADRAMENTO TEÓRICO**

Capítulo 1

MULTIMODALIDADE E INTERACÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

NOTA INTRODUTÓRIA

O presente capítulo é dedicado à contextualização cultural e histórica da multimodalidade nos processos de HCI. São apresentados modelos de representação funcional, assim como a descrição das potencialidades e constrangimentos que académica e industrialmente lhes estão associados.

A multimodalidade é um dos desafios mais importantes no âmbito da HCI uma vez que proporciona a extensão das capacidades sensório-motoras dos sistemas informáticos para que repliquem os processos de comunicação natural entre os seres humanos.

A evolução tecnológica tem caminhado para o desenvolvimento de HCIs cada vez mais próximas do modo como interagimos em contexto natural e isso deve-se também ao facto de se ter compreendido que a percepção humana resulta de uma construção de carácter multimodal.

No âmbito das HCIs multimodais a usabilidade e a experiência do utilizador (UX) são determinantes para o seu êxito. Partindo desse princípio, os processos de desenvolvimento de interfaces devem assegurar a sua padronização, consistência e transparência no sentido de satisfazer as necessidades do utilizador e facilitar a acção humana.

Para que tal possa suceder, urge o desenvolvimento de um corpo de conhecimento sólido, assim como sistemas de classificação abrangentes que o suportem.

HCI has made steady and sometimes dramatic progress as a science of design. It has become a major research area in computer science and the very fulcrum of information technology development. However, the emergence of HCI is ongoing. Perhaps the most impressive current feature of the area is its fragmentation. (...) To a considerable extent, this fragmentation reflects the difficulty of assimilating the great variety of methodologies, theoretical perspectives, driving problems and people that have become part of HCI. Today's HCI researchers and practitioners are, after all, immigrants from other disciplines and backgrounds. It is not surprising that they often continue to favor what they know how to do. Younger people now entering the field will bring a broader foundation of knowledge and skill, and it is likely that the potential for a broader HCI will be advanced through them.

John M. Carroll (1997: 514)

1. A INTERACÇÃO HOMEM-COMPUTADOR DE CARÁCTER MULTIMODAL

1.1. A interacção homem-computador

O termo HCI, apesar de anteriormente referido por outros autores, foi popularizado no livro *The Psychology of Human-Computer Interaction* no qual Card *et al* (1983) apresentaram as suas conclusões sobre o modo como se desenvolve a interacção do homem com o computador.

A HCI, enquanto área interdisciplinar, integra a análise, a planificação e o design da interacção entre o utilizador e o computador. Segundo Card *et al* (Idem), incorpora conhecimentos de múltiplos territórios, constituindo objecto de investigação para psicólogos cognitivos, cientistas informáticos, designers de sistemas, ergonomistas e especialistas em factores humanos e, ainda, engenheiros de várias proveniências.

O estudo da HCI posiciona-se numa zona de intersecção entre, por um lado, a psicologia e as ciências sociais e, por outro, as ciências informáticas e a tecnologia. Segundo Carroll (1997), os investigadores em HCI analisam e projectam tecnologias específicas de interfaces de utilizador (UI), estudam e melhoram os processos de desenvolvimento de tecnologias (e.g. análise de tarefas, diretrizes de design) e desenvolvem e avaliam novas aplicações tecnológicas (e.g. processadores de texto, bibliotecas digitais).

Nas últimas décadas o estudo da HCI veio progressivamente a integrar as preocupações académicas, de compreender e descrever, com os objectivos funcionais de melhorar a usabilidade dos sistemas e das aplicações informáticas, o que originou um corpo de conhecimento de carácter mais operativo. Segundo o autor, a HCI providencia uma dimensão prática desafiante para a aplicação e consequente evolução da teoria psicológica e social, no contexto do desenvolvimento e da utilização da tecnologia.

1.2. Experiência do utilizador, usabilidade e acessibilidade

Apesar da experiência do utilizador (UX) poder ser classificada de modo variável — seja de pessoa para pessoa, de produto para produto ou de tarefa para tarefa — pode definir-se como *utilizável* algo que seja "funcional, eficiente e desejável pela audiência a atingir" (Kunievsky, 2003: 18). Assim, será funcional se fizer algo que seja considerado útil pelas pessoas que o utilizam; será eficiente se realizar a tarefa desejada de modo rápido e fácil; e será desejável se provocar uma resposta emocional no utilizador (o aspecto menos tangível da UX e que agrega a surpresa e a satisfação de se estar a utilizar algo realmente adequado).

A ISO 9241-210 (2010) define a UX como compreendendo as percepções e reacções de um indivíduo perante a utilização ou a expectativa de utilização de um produto, sistema ou serviço. Por sua vez, usabilidade é a extensão em que um sistema, produto ou serviço pode ser usado por determinados utilizadores para alcançar objectivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação num contexto de uso particular (ISO 9241-11, 1998).

Historicamente, tem-se promovido o desenvolvimento de HCIs que possibilitem maiores

fluxos de informação nos processos comunicativos entre o homem e o computador, que exijam menor dificuldade de interacção e simultaneamente favoreçam a usabilidade (Abascal e Moriyón, 2002).

Tanto a usabilidade como a UX são determinantes para o seu sucesso ou fracasso e tanto uma como a outra podem ser aferidas durante ou após a utilização de um produto, sistema ou serviço.

Também a acessibilidade é uma questão que se encontra no centro da problemática da usabilidade de um interface, uma vez que a premissa deve ser a de assegurar o maior número de audiência possível. As dificuldades de acessibilidade de um utilizador poderão resultar de deficiência visual, auditiva, física ou cognitiva ou, ainda, estar associadas a um espectro de pessoas com as mais variadas experiências e atitudes perante as tecnologias (Zaphiris e Ang, 2009).

Se, por um lado, o homem selecciona o meio ou conjunto de meios que melhor se adequam à mensagem a transmitir na comunicação natural homem-homem — por exemplo, em termos de facilidade ou de rapidez (Clark e Brennan, 1991), também no universo da informática e das HCIs essa flexibilidade deve existir, sendo a sua promoção um objectivo relevante.

Refira-se, a este propósito, a premissa de Wiener (1954) de que a comunicação entre humanos deve ser o modelo para a interacção homem-máquina (assim como para a interacção máquina-máquina), defendendo que a comunicação entre humanos e máquinas não se deve distinguir da comunicação natural entre humanos, sendo irrelevante o facto de um sinal comunicativo ser processado por uma máquina e não por outro humano.

Para Oviatt (1999a), a flexibilidade de um interface multimodal deve permitir acomodar uma grande variedade de utilizadores, tarefas e ambientes que estão para além das possibilidades de interacção através de uma única modalidade. Sharma (1998) defende que idealmente deve ser o sistema informático a adaptar-se ao utilizador e não, como afirma ser típico, o utilizador a adaptar-se ao sistema informático.

Também Blaser *et al* (2000) se posicionam neste registo, mencionando o risco do interface poder ser excessivamente especializado, o que impedirá a maior parte dos utilizadores de o utilizar sem um processo prévio de formação.

A este propósito, Ferri e Paolozzi (2009) afirmam existir uma crescente exigência de arqui-

tecturas de sistemas centradas no utilizador, com os quais este possa interagir através das modalidades naturais da comunicação homem-homem. Tal deve desenvolver-se de um modo suficientemente natural para que não seja necessário a adaptação ao sistema informático, devendo privilegiar-se o oposto.

Um tal interface será, de acordo com Hansson, Wallberg e Simsarian (1997), aquele que apela à intuição do utilizador, suportado na transferência de competências e conhecimentos adquiridos em ambientes e contextos experienciados anteriormente.

1.3. Modelos de interacção homem-computador

A aplicação de HCIs é pertinente em várias áreas-chave (Zaphiris e Ang, 2009), salientando-se as seguintes: ambientes aumentados (também designados de realidade aumentada ou de realidade mista); aprendizagem baseada no computador; e visualização de informação.

Os ambientes aumentados resultam da "combinação do mundo real e da visualização de dados gerados por computador" (Idem: p. xli), numa fusão do contexto físico com realidade virtual. Os autores defendem a sua aplicação no desenvolvimento de tarefas complexas, nas quais os utilizadores necessitem de executar uma série de acções, ao mesmo tempo que acedem a grandes quantidades de informação. Neste contexto, assiste-se com regularidade ao recurso comum de mecanismos adicionais de *input* e de *output*, de modo a que a integração dos dados gerados por computador no mundo real seja mais facilmente alcançada.

Zaphiris e Ang (Idem) salientam que a aplicação da tecnologia nos processos de aprendizagem baseada no computador tem sido promovida de modo intensivo com vista à concepção de interfaces eficazes e agradáveis para o utilizador, recorrendo ao poder interactivo destes na melhoria da UX. Esta realidade, conjugada com a mudança de paradigma ao longo dos anos — do behaviorismo para o construtivismo — tem promovido, segundo Zaphiris e Ang (2009), a complexidade crescente dos interfaces de utilizador (UIs).

Por fim, a visualização de informação — definida como a utilização interactiva de representações visuais de dados abstractos com o objectivo de amplificar a cognição (Shneider-

man, 1987) — providencia um modo perceptivamente mais intuitivo de aceder a dados não tratados, "permitindo que os utilizadores identifiquem padrões relevantes que não seriam identificáveis nos dados em bruto" (Idem, 2009: xlii).

Para além destas três áreas-chave na utilização de HCI, Zaphiris e Ang (Idem) destacam ainda as seguintes áreas de utilização relevantes: sistemas e agentes inteligentes; design de interacção; interacção através de redes de comunicação sem fios; interfaces para ambientes partilhados; design multimédia; interfaces não-verbais; interfaces de fala e linguagem natural; suporte à criatividade; interfaces tácteis; ambientes para o desenvolvimento de interfaces; e sistemas de suporte ao utilizador.

Um interface, enquanto mediador da comunicação bidireccional entre utilizador e computador, requer de ambos (na medida das possibilidades e dos constrangimentos tecnológicos contemporâneos) um papel activo a dois níveis: no entendimento dos processos e mecanismos de comunicação entre as partes, que são intrínsecos ao interface em questão; e na compreensão da informação recebida através deste, da contraparte (Chignell e Hancock, 1988).

Para tal, o interface tem de se assumir como uma entidade capaz de desempenhar o papel de intermediário entre os dois agentes (cada um dos agentes detém informação incompleta acerca do outro e das suas formas congénitas de comunicação).

A este propósito, Maybury e Wahlster (1998) realçam a necessidade do desenvolvimento de interfaces cada vez mais inteligentes, definindo-os como aqueles que promovem a eficiência e a naturalidade da HCI agregando os benefícios de adaptabilidade, adequação ao contexto e apoio ao desenvolvimento das tarefas.

É também crescente o desejo do "desaparecimento" do interface enquanto mediador de uma HCI de modo a tornar as interacções mais verdadeiras e mais próximas da realidade.

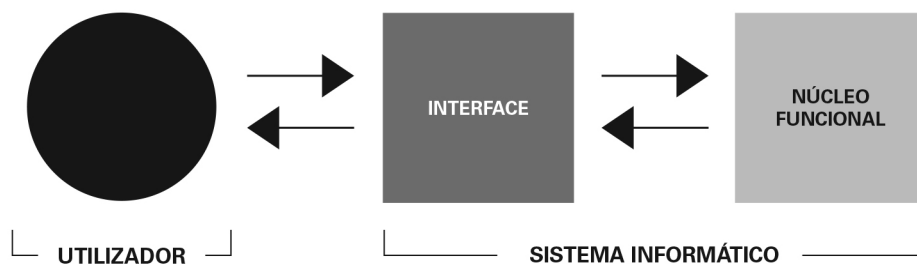
Neste contexto, Bolter e Grusin (2000), abordam o conceito de transparência (enquanto característica da imediação; i.e., a ausência de mediação ou representação) que ocorre quando o utilizador humano se esquece (ou não tem conhecimento) do meio pelo qual está a ser transmitida a informação, encontrando-se, desta forma, em contacto directo com o conteúdo.

Bolter e Grusin (2000: 24) afirmam que "a realidade virtual, os gráficos tridimensionais e o design de interface estão, em conjunto, a procurar tornar a tecnologia digital 'transparente' para que o utilizador se sinta parte integrante do sistema que integra.

Para além dos objectivos de facilidade de aprendizagem, de utilização e de transparência, um interface inteligente deverá ter a capacidade de melhorar a interacção através da compreensão de dados multimodais ambíguos, imprecisos ou parciais, para além de conseguir apresentar esses dados de modo coerente e coeso.

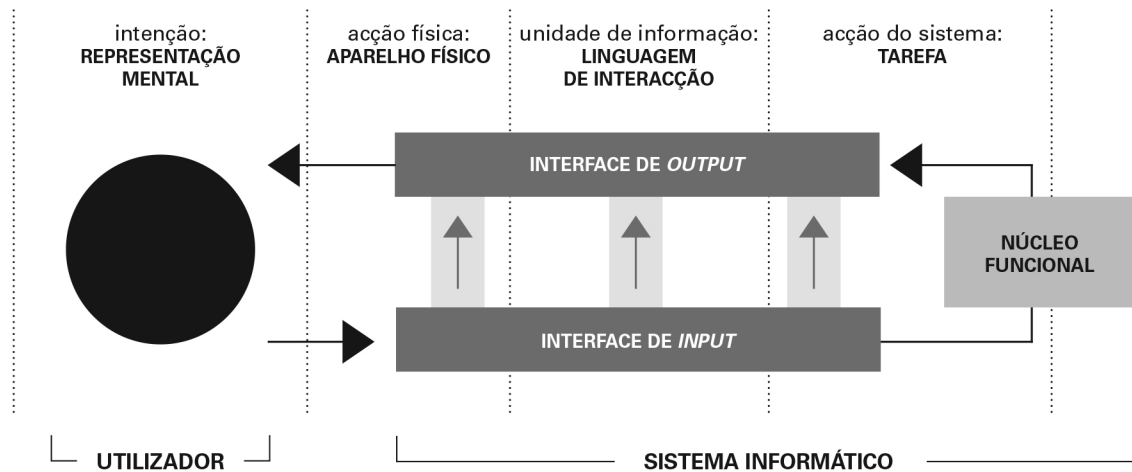
Nigay (1994), através do seu modelo de HCI (Fig. 1.1), esclarece que na concepção de um interface, se deve ter sempre em mente a(s) função(ões) a que este se propõe: trata-se de um sistema que, através da integração de *software* e *hardware*, intermedeia a relação entre o utilizador e o núcleo funcional do sistema informático.

Figura 1.1. Modelo base de interacção homem-computador (Nigay, 1994)



O modelo-base proposto por Nigay (1994) apresenta o interface como mediador da relação entre AH e AI. No entanto, a sua simplicidade não permite revelar os processos subjacentes à interacção.

Por esse motivo, Nigay e Coutaz(1997) propõem um modelo avançado — o Modelo *Pipeline* (Fig. 1.2) — que explicita mais detalhadamente esses processos. Este modelo proporciona a aquisição de informação (através dos canais de *input*) que é transformada pela ocorrência de actividades processuais que recorrem a várias formas de interpretação. Assim, esta sequência de transformações constitui a função interpretativa realizada pelo interface de *input*. No sentido oposto, a informação interna é transformada pelo interface de *output* de modo a poder ser percebida pelo AH, constituindo esta sequência de transformações a função de renderização.

Figura 1.2. Modelo *Pipe-Lines* para a interacção homem-computador (Nigay e Coutaz, 1997)

Nigay e Coutaz (Idem) esclarecem que este modelo integra três níveis de abstracção de que as funções de interpretação e de renderização são alvo:

1. Relação entre a acção física e o aparelho físico (do utilizador ou do sistema informático).
2. Relação entre unidade de informação (unidade que atribui significado) e linguagem de interacção.
3. Relação entre acção do sistema e tarefa.

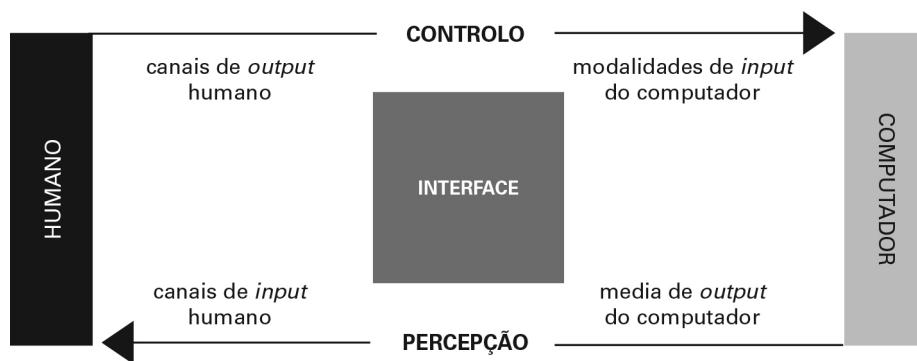
A análise ao modelo de Nigay e Coutaz (1997) posiciona o interface na esfera restrita do AI. Deste modo, não consideram o carácter associativo e agregador dos vários sistemas de *output* e de *input* utilizados pelos AI e AH remetendo para um conceito de interface estritamente informático.

Constata-se ainda uma distinção conceptual entre os papéis adoptados pelo AH e pelo AI. Esta é revelada: pelo posicionamento de cada um dos agentes no modelo (com a adopção da sequência de leitura e representação esquemática, dominante no mundo ocidental, associada à orientação "da esquerda para a direita"); e pelo fluxo de acções que, de modo claro, posiciona o AH no controlo da interacção e atribui ao núcleo funcional do AI um papel reactivo.

Shomaker *et al* (1995) apresentam o seu modelo geral para a análise do processo de comu-

nicação multimodal homem-computador (Fig. 2) assente em dois processos distintos a desenvolver do lado do AH: a percepção e o controlo. Do ponto de vista da percepção, especificam a distinção entre canais de *input* humano e media de *output* do computador, enquanto que do ponto de vista do controlo consideram relevante a distinção entre canais de *output* humano e modalidades de *input* do computador.

Figura 2. Modelo desenvolvido de interacção homem-computador (Shomaker *et al*, 1995)

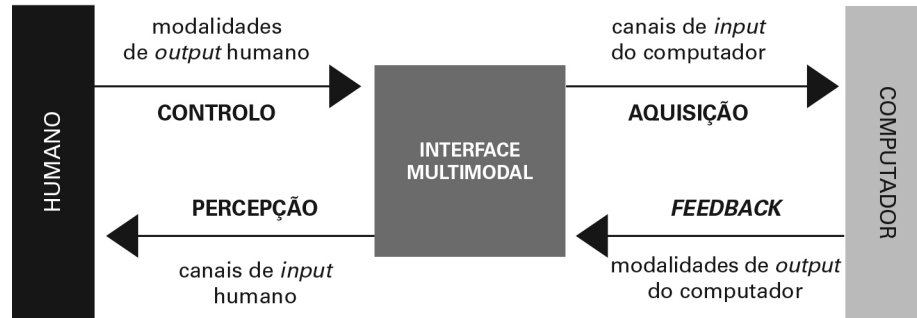


Trata-se de um modelo também fortemente ancorado no ponto de vista do AH, atribuindo-lhe o principal papel na interacção. O AH desencadeia a HCI apresentando a solicitação e o AI reage dando seguimento à HCI através da apresentação de uma resposta.

Apesar deste posicionamento, Shomaker *et al* (Idem) perspectivam a ocorrência no AI de processos de co-gnição/computação equivalentes aos que ocorrem ao nível do AH, o que manifesta uma apreciação funcional de potenciais competências similares.

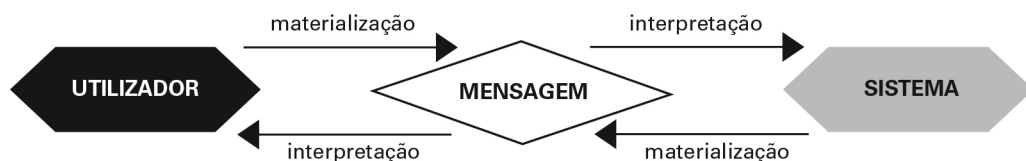
D’Ulia (2009) expande este modelo considerando que as acções desenvolvidas pelo utilizador humano deverão ser adquiridas pelo sistema informático e que o primeiro deverá ser capaz de perceber e compreender a resposta do sistema informático às suas solicitações.

O seu modelo (Fig. 3) integra de um modo mais claro o papel interactivo do AI no desenvolvimento da HCI, destacando-se a especificação da ocorrência de processos de aquisição e de *feedback* e a sua caracterização como sendo processos simétricos aos de controlo e de percepção realizados pelo AH.

Figura 3. Processo geral da comunicação multimodal homem-computador (D'Ulizia, 2009)

No entanto, D'Ulizia (2009) também perspectiva a HCI como um processo centrado no AH, concebendo a apresentação da solicitação pelo utilizador (que designa de fluxo de *input*) e a resposta pelo AI (o fluxo de *output*). Também aqui se encontra uma desconsideração pela possibilidade de uma interacção ser desencadeada por um AI.

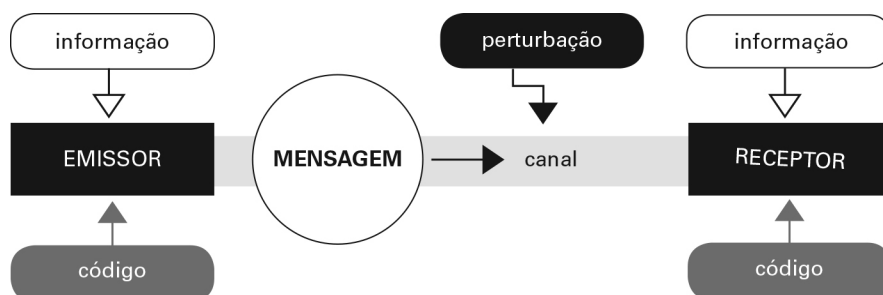
Longe de se constituírem como casos isolados, o entendimento da primazia do papel do AH na HCI assume-se como um preconceito académico dominante. Não se trata, no entanto, de uma concepção unânime. Por exemplo, Caschera, Ferri e Grifoni (2009), equiparam os papéis do AH e do AI ao nível da HCI (Fig. 4). Assim, consideram a execução, tanto pelo AH como pelo AI, de acções ou comandos (materialização), que originam uma mensagem, que a contraparte terá de recepcionar e processar, com vista à atribuição de um significado (interpretação).

Figura 4. Diálogo multimodal utilizador-sistema (Cashera, Ferri e Grifoni, 2009)

O posicionamento que Caschera, Ferri e Grifoni (Idem) atribuíram aos dois agentes e a representação da respectiva sequência de fluxos de troca de mensagens (em cima, o fluxo do AH para o AI, respectivamente da esquerda para a direita; e em baixo, o fluxo inverso), confrontada com a sequência de leitura e representação esquemática dominante no mundo ocidental, denuncia um enviesamento residual em torno da concepção do AH como agente iniciador e dirigente de uma HCI.

Emsenhuber (2011), por sua vez, propõe a adopção do modelo clássico de Shannon-Weaver (cit. Weaver e Shannon, 1949, Emsenhuber, 2011), na análise da HCI (Fig. 5), defendendo que este revela os conceitos-base subjacentes aos processos de comunicação.

Figura 5. Modelo Shannon-Weaver (Emsenhuber, 2011)



A adopção do Modelo Shannon-Weaver permite o recurso a uma linguagem menos redutora do papel do AI no contexto da HCI, recusando a atribuição específica de papéis de emissor e de receptor ao AH e ao AI. De facto, tendo sido originalmente concebido para descrever processos de comunicação entre seres humanos, não discrimina os agentes ao nível das suas competências cognitivas. No entanto, este modelo reflecte a visão de uma comunicação unidireccional clássica, não abrangendo a dinâmica de uma interacção em dois tempos de acção.

Apesar da ausência de modelos de HCI que apresentem uma verdadeira neutralidade de posicionamentos entre um AH e um AI, não se pode deixar de referir que, pelo menos de um modo lateral, esta problemática tem sido abordada.

Por exemplo, Walker *et al* (1998) comparam a eficácia na utilização, assim como as prefe-

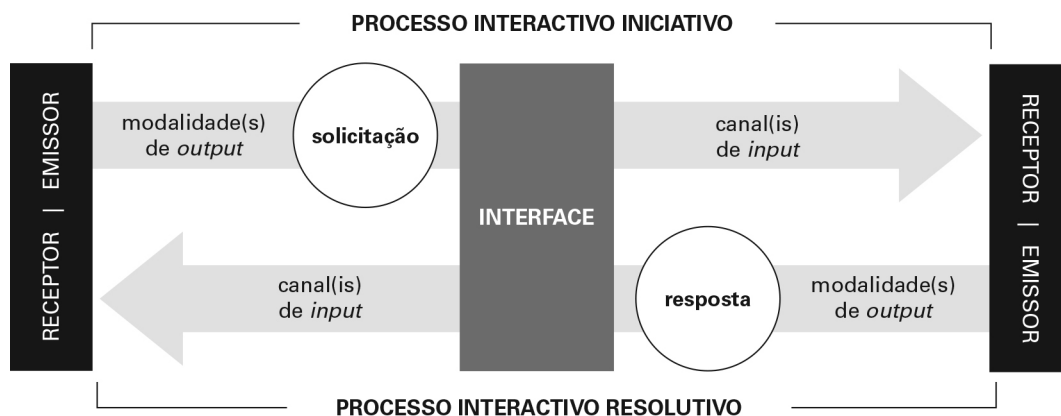
rências do utilizador, entre um interface assente numa interacção por iniciativa mista (o AH controla com um certo grau de flexibilidade a interacção com o sistema) e um interface assente na estrita iniciativa do sistema informático. Este último contexto de interacção posiciona, por um lado, o AI como o único agente com a capacidade de desenvolver PIs e, por outro, o AH como o único capaz de desenvolver PIRs.

Por sua vez, um interface de iniciativa mista possibilita que ambos os agentes desenvolvam os dois tipos-base de PIs. Temos assim, a concepção de uma HCI que não posiciona constantemente o AH numa posição de iniciador, apesar da sua análise particular se centrar num âmbito muito estrito de utilização e delimitado às necessidades exclusivas do AH (no caso, uma aplicação de *email*).

Uma verdadeira neutralidade de posicionamentos, embora contemporaneamente invulgar, perspectivaría HCIs concebidas e adaptadas às necessidades e desejos de interacção de qualquer um dos agentes envolvidos.

Assim, por tudo o que foi afirmado, o modelo de análise da HCI que se considera adequado adoptar no âmbito desta tese deve perfilar uma neutralidade de posicionamentos entre agentes e reflectir o fluxo bidireccional reactivo que a caracteriza (Fig. 6), para além de adoptar uma simplicidade ao nível dos termos e dos conceitos que integra.

Figura 6. Proposta de modelo geral da interacção homem-computador



Atente-se ao modo como a referida neutralidade de posicionamentos se expressa: a não atribuição de papéis específicos ao AH e ao AI no desenvolvimento dos PIs. Nesta proposta, não é possível conjecturar que os AHs se encontram invariavelmente numa posição de domínio e que as relações estabelecidas com AIs se encontrarão, também invariavelmente, centradas nos objectivos dos primeiros.

As expectativas de desenvolvimento ao nível de sistemas de inteligência artificial e de seres de vida artificial não biológica impõem este distanciamento conceptual assim como o entendimento de que o futuro possui um potencial de imprevisibilidade que deve ser abrangido através de balizas conceptuais pouco restritivas.

1.4. Contributos para a compreensão da percepção multimodal e da sua aplicação na interacção homem-computador

Kay (1989) argumenta que o design de interfaces apenas surgiu quando se compreendeu melhor o modo como a mente dos utilizadores funciona, sendo esse um momento chave na análise e desenvolvimento de interacções.

Esta tomada de consciência promoveu a emergência dos interfaces gráficos de utilizador (*graphical user interfaces*). Os conceitos que integram, são facilmente compreensíveis e o seu desenvolvimento encontra suporte generalizado em ferramentas de *software* (Coutaz e Caelen, 1991), proporcionando vantagens para o utilizador, por comparação com os interfaces de texto (*command line interface*) na manipulação de objectos apresentados no ecrã, recordando-o das suas opções e minimizando a possibilidade de ocorrência de erros (Cohen, 1992).

No entanto, apresentam algumas debilidades. Por exemplo, Cohen *et al* (1997) apontam as dificuldades na interacção simultânea com vários objectos ou com objectos que não estão acessíveis na *desktop* do computador (e.g. ficheiros em directorias inferiores).

Por sua vez, Larson *et al* (1999) consideram que, com a crescente complexidade das aplicações informáticas, uma única modalidade não terá a capacidade de assegurar uma HCI eficaz em todas as tarefas e ambientes.

Assim, tem-se assistido, ao longo dos anos, a um investimento no processamento da linguagem natural, da visão computacional e da análise gestual no âmbito do desenvolvimento de HCIs. Este investimento tem procurado integração nos tradicionais interfaces atribuindo-lhes um potencial de funcionalidade mais elevado (Coutaz e Caelen, 1991).

Trata-se de uma das possibilidades de multimodalidade na HCI que mais cedo despertou o interesse generalizado da comunidade académica e da indústria.

Wahlster (1987) afirma que os homens utilizam frequentemente entre si (em paralelo com descrições verbais) gestos deícticos (e.g. apontando com o dedo indicador para algo), com o objectivo de melhor identificar o objecto de nomeação. Um tal modo multimodal de comunicação pode melhorar a interacção com máquinas, uma vez que simplifica e acelera a referência de objectos num mundo visual, obtendo-se uma eficiência superior através da exploração simultânea de canais verbais e não-verbais.

Por sua vez, Cohen *et al* (1989) defendem que a integração da linguagem natural com a manipulação directa de objectos e acções permite ultrapassar as limitações associadas a cada uma das modalidades individuais quando estas são utilizadas em separado.

Também Bergmann e Kopp (2008) abordam esta questão, realçando que a investigação tem vindo a demonstrar que os gestos de mãos e braços, executados pela maioria das pessoas para transmitir orientações espaciais, assumem propósitos comunicativos intrinsecamente associados aos processos cognitivos em execução na sua actividade mental.

Os interfaces multimodais representam, segundo Oviatt e Wahlster (1997), uma nova direcção para a computação, existindo um grande potencial de integração de modalidades distintas, agregadoras de sinergias, suportadas pela miríade de tecnologias de *input* e de *output* que têm vindo a ser disponibilizadas. Trata-se de uma via de análise e de investigação que necessita da contribuição das ciências cognitivas, no âmbito da percepção humana e do recurso a modalidades coexistentes em contexto natural de interacção — por exemplo, a fala, o gesto, o olhar e os movimentos faciais.

Segundo Metcalfe (2007), a percepção é frequentemente investigada de um modo unidimensional dentro de modalidades individuais (e.g. no processamento da luminosidade ao nível da visão ou no processamento do volume sonoro ao nível da audição). No entanto, afirma que os nossos sistemas perceptivos actuam sobre informação proveniente de uma

única dimensão de uma modalidade apenas em circunstâncias muito especiais e raras.

Esta afirmação é sustentada, refere Metcalfe (2007), pela análise de vários estudos como, por exemplo, os de Charpentier que em 1891 demonstrou que a percepção do peso dos objectos é afectada pela percepção do tamanho destes. Constatou ainda que registos meramente unidimensionais e unimodais são insuficientes para explicar completamente a ilusão descrita, ou mesmo a percepção humana, do peso dos objectos em geral. Quando dispõe de apenas uma modalidade de comunicação, o cérebro adopta procedimentos de análise agregada que lhe permite inferir o máximo de informação possível dentro da mesma modalidade (processamento de várias dimensões). Segundo Sproull e Kiesler (1991), o telefone elimina as pistas visuais (roupa, postura corporal, etc.) que permitem, na comunicação presencial, deduzir a posição social de um interlocutor. No entanto, é possível aceder a essa informação através de sinais comunicativos não-verbais intrínsecos ao discurso oral. Assim, as pausas, o tom de voz, a utilização de linguagem mais ou menos erudita, entre outras, são fontes de informação que multidimensionalmente serão transmitidas em conjunto com a informação verbal.

O Efeito McGurk (também conhecido por Efeito McGurk-MacDonald) constituiu outro fenómeno marcante na compreensão da percepção multimodal. Foi descrito num estudo de 1976: "Hearing lips and seeing voices" de McGurk e MacDonald, publicado na revista *Nature*, onde demonstraram que a compreensão do discurso verbal face-a-face é intrinsecamente multimodal. McGurk e MacDonald (Idem) estudaram a percepção construída pelo visionamento de um vídeo sem som em que alguém dizia a sílaba "gá" acompanhada do som "bá". A combinação da leitura visual do movimento dos lábios com o som sobreposto levava frequentemente à percepção da sílaba "dá". Quando se invertia a informação visionada e ouvida, a percepção alternava frequentemente entre "bágba" e "gába".

Verificaram ainda que o visionamento isolado do movimento dos lábios ou a audição isolada das sílabas, levava invariavelmente à percepção adequada da sílaba emitida.

Em resultado da investigação, McGurk e MacDonald (1976) concluíram que a utilização de mais do que uma modalidade na interacção humana pode originar dois tipos de resposta por parte do receptor: a fusão, quando os dados provenientes das várias modalidades são transformados em algo novo, contendo elementos que não resultaram de qualquer uma das modalidades; e a combinação, quando os dados provenientes das várias modalidades origi-

nam uma informação que as agrega de modo relativamente inalterado.

No âmbito do conceito de fusão, assistimos à produção de dados informativos que não correspondem à comunicação produzida pelo emissor, traduzindo-se num erro efectivo. Por sua vez, a combinação origina a correcta percepção da informação.

Wright e Wareham (2005), partindo do Efeito McGurk, recorreram à apresentação visual de frases complexas, associadas à audição de frases complexas foneticamente parecidas e concluíram que, quando os dados provenientes de diferentes modalidades sensoriais são incongruentes, a informação captada pela visão interfere com a informação captada pela audição.

Para além de erros de percepção de carácter aleatório, verificaram a ocorrência estatisticamente relevante de um erro de percepção associado à fusão das características acústicas de uma palavra (no caso, "*shoot*") com as características semânticas de outra palavra (no caso, "*boot*"), originando frequentemente a palavra "*shoe*".

De carácter pertinente para o presente ponto de análise, salientam-se ainda os estudos empíricos de Hillis *et al* (2002) ao adoptarem uma abordagem intuitiva na análise da percepção (nomeadamente sobre as modalidades visuais e hápticas) ao nível da fusão de dados provenientes de mais do que uma dimensão de análise para a mesma modalidade.

Verificaram que:

- a combinação de dados provenientes de uma mesma modalidade sensorial (no estudo em causa, a visão) através de duas ou mais dimensões de análise (a disparidade visual e os gradientes de textura) proporcionava, por um lado, ganhos na avaliação das propriedades de um objecto e, por outro, perda dos dados individuais produzidos por cada uma das dimensões de análise;
- a combinação de duas ou mais modalidades sensoriais permitiu a conservação dos dados captados por cada uma destas e a junção desses dados (no caso da interacção unimodal multidimensional analisada) ocorreu através da fusão de características (fusão inicial) originando uma única informação conjunta;
- por oposição, a fusão no caso da interacção multimodal unidimensional ocorreu através da fusão de semânticas (fusão tardia) cada uma das modalidades utilizadas dando origem à produção de informações individualizadas que depois foram combinadas de modo a proporcionar uma inferência global comum.

Hillis *et al* (2002) concluíram que a classe de fusão de características é mais propensa a ocorrer no contexto de uma interacção unimodal multidimensional do que no de uma interacção multimodal unidimensional.

As ciências cognitivas evoluíram, ao longo do século XX, de um modelo da percepção atomista (unimodal) — a visão da construção do todo através da junção das partes individuais — para um modelo de reunião perceptual (multimodal) através da teoria Gestalt — a visão de que o todo é diferente da soma das partes que o constitui (Besson, 2007).

Estudos recentes sugerem uma crescente evidência de que os nossos corpos estão activados para este modo de *input* múltiplo, apesar da teoria clássica do processamento sensorial neurológico favorecer o modelo da modalidade única e as áreas sensoriais primárias do córtex como unissensoriais (DeWitte, 2008).

Ghazanfar e Schroeder (2006) consideram que a integração das diferentes qualidades de informação provenientes dos vários órgãos sensoriais — combinadas no cérebro de modo a produzir uma representação unificada e coerente do mundo externo — não ocorre ao nível das áreas mais especializadas e de alto nível do neocórtex após o seu processamento individualizado nas áreas menos especializadas de nível inferior (como tradicionalmente vinha a ser sugerido). Pelo contrário, atestam que grande parte do neocórtex (se não mesmo a totalidade) é multissensorial e processa as várias qualidades de informação de modo integrado, praticamente desde o início da sua captação.

Neste contexto, a percepção humana resulta de uma representação unificada do conjunto de *inputs* sensoriais recebidos do mundo exterior.

Em vez das modalidades sensoriais serem analisadas autonomamente com eventual integração posterior, os investigadores começaram a considerar o papel da integração multissensorial no processo perceptivo, demonstrando que existem efeitos transmodais na percepção humana (i.e. os sentidos influenciam-se mutuamente) e que a sincronia temporal assume também um papel relevante nesses efeitos (Besson, 2007).

De facto, se por um lado o conceito de fusão de dados multissensoriais dificilmente poderá ser considerado recente, uma vez que humanos e animais desenvolveram evolutivamente a capacidade de utilizar múltiplos sentidos de modo a aumentar as suas possibilidades de sobrevivência, os avanços na computação e em sensores providenciaram a capacidade de

emular, através de *hardware* e *software*, as capacidades naturais de fusão de informação de humanos e animais (Hall e Llinas, 1997).

Dumas *et al* (2009) destacam o facto da investigação no âmbito da psicologia cognitiva ter revelado que:

- a memória de trabalho dos humanos dedicada às distintas modalidades (e consequente capacidade de processamento) é parcialmente independente entre si, pelo que a apresentação de informação através de diferentes canais modais aumenta a memória total utilizada pelo homem no processamento de informação, promovendo a expansão das suas capacidades e um melhor desempenho;
- o homem tende a reproduzir os seus padrões de interacção interpessoal quando interage multimodalmente com um sistema informático;
- o modo como a percepção, a comunicação e a memória humanas funcionam, levam a uma melhoria do desempenho quando estes interagem de modo multimodal com um sistema informático.

Trata-se de um entendimento também defendido por Anthony *et al* (2005) ao afirmarem ser natural e conveniente para o homem comunicar com o computador recorrendo a canais modais para auxiliar o processamento do pensamento e a visualização de conceitos.

Oviatt *et al* (1997) constataram a existência de contextos específicos de interacção em ambiente natural em que ocorre elevada frequência de comandos multimodais (e.g. no domínio da articulação de informação espacial) o que lhes permitiu verificar que a globalidade dos utilizadores optam por interagir multimodalmente. No entanto, quando colocados perante a possibilidade de interagir multimodalmente com um computador, os utilizadores nem sempre optam por o fazer.

De facto, a investigação tem revelado que os utilizadores recorrem instintivamente à modalidade ou combinação de modalidades mais adequadas à tarefa e que, quando não compreendem um comando, rapidamente mudam para outras (Oviatt, 2001).

Oviatt *et al* (2004) afirmam que os utilizadores se adaptam facilmente a um interface multimodal, recorrendo a um maior número de modalidades como resposta ao aumento da exigência cognitiva, resultado da crescente complexidade da tarefa. Deste modo, poder-se-ão

ultrapassar as limitações associadas à capacidade de memória de trabalho que se encontra dedicada a uma modalidade em particular, distribuindo módulos de informação por outras.

Oviatt *et al* (1997) defendem que o conhecimento antecipado dos contextos em que a generalidade dos utilizadores prefere interagir (multimodalmente ou unimodalmente) deve influenciar as opções de design de sistemas e aplicações. Do mesmo modo, a noção prévia do tipo de comandos a introduzir e da probabilidade destes poderem ocorrer em contextos de integração de informação (sejam eles simultâneos, sequenciais ou compostos) deve influir as decisões de arquitectura de sistemas e aplicações, nomeadamente ao nível do início dos momentos de processamento e de interpretação dos sinais recepcionados multimodalmente.

Também Tzovaras (2008) defende que o "interface" entre o homem e o ambiente (assim como entre humanos) é multimodal, participando todos os sentidos (ainda que alguns sejam dominantes) nas operações de percepção, acção e interacção.

A este propósito, Landragin (2007) menciona que o modo como vemos um objecto determina o discurso e os gestos que utilizamos para nos referirmos a ele, ao mesmo tempo que os gestos que produzimos estruturam a nossa percepção visual.

Este entendimento corresponde à constatação de que a percepção visual, a linguagem e o gesto estabelecem múltiplas interacções entre si.

Por outro lado, Aran *et al* (2008) relembram que as componentes da fala, tais como os movimentos dos lábios, as línguas gestuais baseadas em movimentos das mãos, os movimentos da cabeça e do corpo, para além das expressões faciais, constituem-se como fontes de informação multimodal disponíveis e que são integradas na comunicação por parte de pessoas com deficiência auditiva. Constata-se, deste modo, que o comportamento e a percepção no mundo real são dominados pela integração de informação proveniente de múltiplas e diversas fontes sensoriais.

Nos últimos anos, também no campo da linguística, se tomou consciência de que uma teoria da comunicação, descrevendo interacções reais homem-homem, deve abarcar uma diversidade de dimensões. Razão pela qual se tem vindo a considerar que a multimodalidade representa melhor a complexidade do discurso (Blache *et al*, 2008) do que a unimodalidade.

1.5. Emergência da investigação na interacção multimodal homem-computador

Historicamente, é possível localizar a emergência de investigação preponderante em HCI na aplicação informática "Put-That-There" desenvolvida por Richard Bolt.

No seu artigo pioneiro "Put-That-There: Voice and Gesture at the Graphics Interface", Bolt (1980) considerava que os avanços tecnológicos na ligação entre técnicas de reconhecimento de fala e sensores de posição no espaço encorajavam a noção de que os *inputs* de voz e de gestos num interface gráfico poderiam convergir, providenciando uma interacção concertada e natural.

A investigação envolvia o comando de movimentação e alteração de formas simples, sobre um ecrã gráfico, com recurso a comandos de voz acompanhados por gestos deícticos. Bolt (Idem) concluiu que a voz podia ser "amplificada" se fosse combinada com gestos indicadores, obtendo-se ganho em espontaneidade, naturalidade e economia de expressão oral. Desta forma, os gestos auxiliados pela voz, obtinham um ganho em precisão na capacidade de referenciar. Este estudo promoveu um conjunto de investigações que procuraram aferir a aplicabilidade dos interfaces multimodais, assim como na integração progressiva de mais modalidades e refinamento de *software* e de *hardware*.

A este propósito, Dumas *et al* (2009) realçam que as primeiras formas de desenvolvimento e análise de multimodalidade se focaram nas fusões dos binómios voz/rato, voz/caneta digital, voz/gesto e voz/olhar. Destacam ainda a importante via da fusão do binómio voz/movimento dos lábios, com vista ao desenvolvimento de soluções de reconhecimento de voz mais robustas que conseguissem lidar com ambientes de interacção mais desafiantes do ponto de vista do som ambiente.

O artigo de Mark Weiser, "The computer for the 21st century", foi outro momento marcante na promoção de soluções que utilizam preferencialmente interfaces multimodais com recurso à combinação de MIs naturais. Weiser (1991) profetizava que os vários componentes de *hardware* e de *software*, ligados por cabos, por ondas rádio e por infravermelhos, seriam tão ubíquos que ninguém iria dar pela sua presença. Para além de que as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem, penetrando no próprio tecido da vida quotidiana até se tornar impossível separá-las desta.

O exemplo da Escrita foi referido por Weiser (1991) como tendo sido alvo deste processo de ubiquidade, sendo hoje impossível imaginar a vida quotidiana sem ela. Pelo contrário, e apesar de mencionar que à época mais de 50 milhões de computadores tinham sido vendidos, estes permaneciam num mundo à parte em que o complexo jargão técnico necessário à sua utilização não vaticinava um possível enquadramento nas tarefas triviais do homem. Analogamente, considera que o mundo informático se encontra ao nível do tempo dos escribas, em que estes necessitavam de dominar tanto os processos de produção de tinta como a própria escrita.

Weiser (Idem) apresentou ainda vários exemplos do que considerava vir a ser a ubiquidade invisível dos computadores, remetendo para a necessidade de interfaces de carácter multimodal. Um computador numa loja saberia por onde circulou determinada pessoa, identificando-a, memorizando para onde dirigiu o seu olhar e estando apto a responder às suas perguntas (através do reconhecimento de discurso oral).

A questão da ubiquidade constitui-se contemporaneamente, segundo Bourguet (2009), como uma importante tendência no universo da computação, que necessitará do design de interfaces multimodais robustos e inovadores que permitam aos utilizadores interagir naturalmente com uma pluralidade de sistemas computacionais integrados e invisíveis.

2. A IMPLEMENTAÇÃO DE INTERFACES MULTIMODAIS HOMEM-COMPUTADOR

2.1. Potencialidades e constrangimentos de interfaces multimodais

Os interfaces multimodais são uma classe de sistemas multimédia que integram inteligência artificial e têm gradualmente adquirido a capacidade de compreender, interpretar e gerar dados específicos em resposta ao conteúdo de análise, diferenciando-se dos sistemas e aplicações multimédia clássicas que não compreendem a semântica dos dados (som, imagem, vídeo) que manipulam (Nigay e Coutaz, 1993; Bourget, 2009).

Apesar de ambas as tipologias de sistemas poderem utilizar meios físicos de *input* e de *output* similares (adquirindo, armazenando e gerando informação visual e sonora), cada uma serve um propósito distinto: no caso dos sistemas multimédia a informação é sujeito da tare-

fa desenvolvida sendo manipulada pelo utilizador; no caso dos sistemas multimodais a informação é recurso de execução dos processos de controlo da tarefa em si.

Martin *et al* (1998) defendem que, no âmbito de um sistema informático, a opção por soluções multimodais só será conveniente, se tiver sido ratificada por critérios de usabilidade. Referem, a título de exemplo, os seguintes: se permitir uma interacção mais rápida; se permitir uma adequação selectiva a diferentes ambientes, utilizadores ou comportamentos de utilização; se possibilitar uma menor curva de aprendizagem ou for mais intuitivo; se melhorar o reconhecimento da informação num ambiente ruidoso (e.g. ao nível sonoro, visual ou táctil); se permitir a ligação de informação apresentada a um conhecimento contextual mais global (possibilitando uma interpretação facilitada); e se permitir a tradução de informação entre modalidades.

Também é esse o entendimento de Ferri e Paolozzi (2009), quando afirmam que a opção por um interface multimodal, em detrimento de uma solução unimodal, depende do tipo de acção a desenvolver pelo utilizador e do seu potencial de usabilidade acrescida.

Nesta linha, Huls e Bos (1995), citados por Martin (1997), indicaram ser necessária a análise empírica dos resultados da utilização da interacção multimodal para validar contextualmente a sua superioridade em relação à unimodalidade.

Os seus estudos demonstraram que existem contextos de interacção em que o uso de mais do que apenas uma modalidade pode originar a produção de maior número de erros assim como uma menor velocidade de interacção.

De facto, os vários canais de *input* e de *output* utilizáveis na HCI (teclado, rato, ecrã táctil, microfone, sensor de movimento, monitor, altifalante, receptores hápticos, etc.) apresentam benefícios e limitações próprios, pelo que a interacção multimodal é frequentemente utilizada para compensar as limitações de uma modalidade, disponibilizando-se uma outra (James e Gurram, 2009).

Cada modalidade de *input* deve ser adaptada a um conjunto de contextos de interacção, não sendo ideal noutros ou mesmo inapropriada (Oviatt *et al*, 2000), por esse motivo, a selecção da modalidade de interacção é uma questão de extrema pertinência num sistema multimodal.

Bernsen e Dybkjær (2003) apresentam a existência de duas linhas de análise possíveis, constituídas em torno de dois paradigmas de interacção: o paradigma da interacção multi-

modal natural, sustentada na utilização estrita das modalidades de comunicação que os indivíduos utilizam para comunicar entre si; e o paradigma da interacção multimodal funcional, em que qualquer modalidade (natural ou não) deve ser utilizada se originar a promoção de interacções mais eficientes.

O paradigma da interacção multimodal natural, desvaloriza a interacção através de outras modalidades com potencial real de usabilidade superior. Por exemplo, as modalidades hápticas são muitas vezes desprezadas, uma vez que o paradigma da interacção multimodal natural considera a comunicação táctil marginal na interacção entre indivíduos.

Deste modo, recusar-se-á, *tout court*, a utilização do rato, de botões do teclado, de *joystick*, de *touchscreen* ou de qualquer outro sensor háptico, pelo simples facto de não lhes recorreremos com frequência para comunicarmos entre nós.

Por exemplo, Yin (2010) define interacção natural homem-computador como a interacção multimodal que ocorre de modo cognitivamente transparente e sem esforço relevante, levando a que o sistema informático compreenda aquilo que o utilizador está a fazer ou a comunicar, sem que este altere o padrão de comportamento natural que desenvolveria com outra pessoa.

Bernsen e Dybkjær (2003) consideram, no entanto, que a utilização de modalidades hápticas não deve ser considerada anti-natural uma vez que carregar num botão é um acto normal, mesmo que não o façamos na comunicação entre nós.

A este propósito, Sharma (1998) afirma que a produção de interfaces de comunicação mais naturais deve passar pela utilização da(s) modalidade(s) sensorial(ais) que cumpra(m) de modo mais eficaz a tarefa. Defende ainda que os sistemas informáticos apresentam modalidades sensoriais que podem ter, em alguns casos, usabilidade superior às utilizadas correntemente na comunicação homem-homem, definindo a naturalidade de uma interacção pelo ponto de vista da maior facilidade de interacção e da superior usabilidade e não do seu mero paralelismo com a interacção entre indivíduos.

A jusante destas questões, no âmago dos sistemas multimodais, encontram-se as técnicas de fusão de informação.

Mais do que a simples justaposição de várias modalidades no interface de utilizador, devem considerar-se as suas possíveis combinações sinérgicas, com vista a ultrapassar

fraquezas individuais e obter (idealmente) a soma das suas forças expressivas. Tal, pode originar uma maior usabilidade (Bretan e Karlgren, 1993; Oviatt, 2006; Bernsen, 2008; Bourguet, 2009).

Esta usabilidade superior é uma possibilidade que resulta, segundo Bretan e Karlgren (Idem) do facto de certas modalidades suportarem diferentes intenções comunicativas através de diferentes graus de adequação.

No entanto, a implementação de sistemas de fusão de dados provenientes de diferentes sensores não é simples e pode mesmo levar à produção de piores resultados do que os que seriam obtidos através da selecção e utilização do sensor mais adequado. Tal resultado poderia, por exemplo, ter origem na combinação de um conjunto de dados exactos, provenientes de uma fonte modal, com um conjunto de dados imprecisos, provenientes de outra (Hall e Llinas, 1997).

Por essa razão, a estruturação de um sistema de fusão de dados para uma determinada aplicação (Hall e Llinas, Idem), deverá abordar as seguintes questões fundamentais: que algoritmos ou técnicas são apropriadas para uma aplicação; que arquitectura de fusão de dados deverá ser usada (i.e. em que fase do processo devem os dados ser fundidos); de que modo devem os dados provenientes de cada sensor ser processados para extrair a maior quantidade de informação possível; que exactidão pode realisticamente ser alcançada pelo processo de fusão de dados; de que modo pode o processo de fusão ser optimizado de um ponto de vista dinâmico; de que modo o contexto ambiental de recolha de dados perturba o seu processamento; e em que condições a fusão de dados multissensoriais melhora o sistema.

Por sua vez, Esteban *et al* (2005) defendem que a combinação específica de sensores a utilizar depende dos requisitos do sistema, devendo ser consideradas as seguintes questões (no processo de definição do tipo de algoritmo de fusão utilizado e da fase em que os dados devem ser fundidos): o modo como os sensores se encontram distribuídos; o formato, o tipo e a exactidão dos dados recolhidos; a natureza dos sensores utilizados; a resolução dos sensores utilizados; e a capacidade de computação disponibilizada para cada um dos sensores.

Por outro lado, a fusão de dados multissensoriais apresenta, entre outras, as seguintes dificuldades: a diversidade de sensores utilizados (a sua natureza, o seu sincronismo, a sua localização, o formato de dados recolhidos, etc.); a diversidade de dados representados (e.g. imagem, espaço, estatística e texto); a verificação da consistência dos dados recolhidos, com

subsequente eliminação de conjuntos de dados falaciosos; a calibração dos sensores quando ocorrem erros na operação do sistema; as limitações de operação dos sensores; e as deficiências dos modelos estatísticos dos sensores e limitações no desenvolvimento do algoritmo.

Com base no entendimento acima referido, a arquitectura de implementação de uma solução específica de fusão de dados multissensoriais é crítica para o seu sucesso, devendo a sua selecção encontrar suporte num profundo conhecimento nas inúmeras possibilidades de interacção existentes (Esteban *et al*, 2005).

2.2. Objectivos de implementação de interfaces multimodais

Num contexto de interacção homem-computador, o emissor traduz conceitos (informação simbólica) em eventos físicos que são transmitidos para o receptor apropriado e este interpreta o sinal recebido em termos de símbolos abstractos. Estes processos envolvem os sentidos do utilizador e as suas capacidades motoras e, simetricamente, os mecanismos de *input* e *output* do sistema.

O objectivo de um sistema multimodal é o de proporcionar a extensão das capacidades sensoriomotoras para que repliquem os processos de comunicação natural entre os seres humanos (Dutoit *et al*, 2006). Este modo de comunicação envolve a utilização simultânea de várias modalidades, pelo que um sistema informático deverá ter capacidade de as suportar na interacção com o utilizador.

Para que tal possa suceder, um sistema informático multimodal deve ser equipado com *hardware* que: lhe possibilita adquirir e/ou transmitir expressões multimodais (num tempo compatível com as expectativas do utilizador); seja capaz de escolher a modalidade de *output* apropriada ao conteúdo a transmitir; e possa compreender expressões de *input* multimodais (Coutaz e Caelen, 1991).

A área de investigação em interfaces multimodais constitui-se como um território interdisciplinar muito activo e em constante expansão.

Esta realidade, contribui para que lhes sejam atribuídos inúmeros objectivos de imple-

mentação, nomeadamente os de:

- promover HCIs mais naturais, intuitivas e eficientes e, simultaneamente, menos obstrutivas, associadas a uma rápida curva de aprendizagem (Cohen *et al*, 1989; Hall e Llinas, 1997; Oviatt *et al*, 1997; Vernier e Nigay, 2001; Abascal e Moriyón, 2003; Ko, 2003; Reeves *et al*, 2004; Anthony *et al*, 2005; Lee, 2005; Karam e Schrafael, 2005; Sturm, 2005; Anthony *et al*, 2006; Inanoglu *et al*, 2007; Bourguet, 2009; Dumas *et al*, 2009);
- aumentar a quantidade de informação transmitida em tempo útil durante uma HCI, com consequente diminuição do tempo necessário para a sua execução (Wahlster, 1987; Cohen *et al*, 1997; Oviatt *et al*, 1997; Cohen *et al*, 1998; Oviatt, 2001; Vernier e Nigay, 2001; Abascal e Moriyón, 2002; Ko, 2003; Zenka e Slavík, 2004; Anthony *et al*, 2005; Pelachaud, 2005; Bourguet, 2007; e Kieffer e Carbonell, 2007; Bourguet, 2009; Dumas *et al*, 2009);
- aumentar a robustez do sistema, procurando a obtenção de uma superior inteligibilidade no reconhecimento da informação através do cruzamento de sinais recepcionados em diferentes modalidades, com vista à resolução de ambiguidades, prevenção de erros na comunicação e/ou a sua resolução (Cohen *et al*, 1989; Bretan e Karlgren, 1993; Cohen *et al*, 1997; Hall e Llinas, 1997; Oviatt *et al*, 1997; Oviatt, 2001; Vernier e Nigay, 2001; Ko, 2003; Oviatt *et al*, 2004; Reeves *et al*, 2004; Sturm, 2005; Bourguet, 2007; Kieffer e Carbonell, 2007; Bourguet, 2009; Dumas *et al*, 2009; James e Gurram, 2009);
- estimular o empenho do utilizador na actividade a ser desenvolvida, promovendo a sua satisfação (Anastopoulou, 2004; Anthony *et al*, 2005; Lisowska, 2007; Dumas *et al*, 2009);
- promover a compreensão e antecipação das intenções do utilizador/humano, por parte dos computadores (Oviatt *et al*, 1997; Abascal e Moriyón, 2002; Lee, 2005; Pelachaud, 2005);
- permitir uma maior flexibilidade na acessibilidade aos computadores em contextos, independentes do utilizador, que revelam constrangimentos de usabilidade para determinada(s) modalidade(s), através da possibilidade

de selecção do(s) canal(is) modal(is) mais adaptado(s) às preferências do utilizador, ao seu grau de proficiência e/ou à natureza da tarefa a desempenhar (Cohen *et al*, 1997; Roth *et al*, 1997; Catinis, 1998; Oviatt, 2001; López-Cózar, 2003; Oviatt *et al*, 2004; Reeves *et al*, 2004; Sturm, 2005; D’Ulizia e Ferri, 2006; Bourguet, 2009; Dumas *et al*, 2009; Zhang, 2009);

- permitir uma maior acessibilidade aos computadores por parte de pessoas com deficiências específicas (sejam elas sensoriais ou motoras), disponibilizando-lhes modalidades e estilos de multimodalidade alternativos (Gepner *et al*, 1992; Mynatt, 1997; Oviatt, 2001; Oviatt *et al*, 2004; Vetter e Chanier, 2006);
- Promover novas formas de computação, não disponíveis anteriormente (Oviatt, 2001; Dumas *et al*, 2009);
- proporcionar a alternância de canais de *input* (modalidades), de modo a prevenir a saturação cognitiva e/ou física, e consequente degradação, durante a utilização prolongada do interface (Oviatt, 2001; Oviatt *et al*, 2004; Reeves *et al*, 2004);
- reduzir a carga cognitiva associada a uma tarefa e, consequentemente, o nível de atenção necessário para a sua execução (Oviatt *et al*, 2004; Anthony *et al*, 2005; Anthony *et al*, 2006);
- possibilitar a adaptação do sistema informático aos padrões predominantes de interacção do utilizador, optimizando os processos de HCI (Oviatt *et al*, 1997; Xiao *et al*, 2002; Oviatt *et al*, 2003).

Neste âmbito, salienta-se a necessidade de resolver uma eventual confusão entre objectivos de implementação e os resultados que efectivamente se produzem através do desenvolvimento da interacção. Reforça-se que o recurso a soluções multimodais deve ser sempre contextualizado a cada interacção e a sua adopção devidamente ponderada e avaliada.

2.3. Requisitos de desenvolvimento

Os designers de sistemas recorrem, cada vez mais, a uma maior quantidade de modalidades de *input/output* diferentes (que são, muitas vezes, alternativas), para a troca de informação entre os sistemas e os seus utilizadores (Bernsen, 1994b).

Para que tal possa suceder, Maybury (1991) indica que a concepção de interfaces multimodais deve assentar nos seguintes princípios: selecção de conteúdo a transferir; atribuição de modalidades adequadas ao conteúdo; e implementação funcional da modalidade, assegurando a transferência do conteúdo.

Também Bernsen (1994b) apresenta uma lógica análoga de procedimentos que um designer de interfaces deve considerar: identificar a informação a trocar entre os utilizadores e o sistema; executar uma boa correspondência entre a informação e as modalidades de *input/output* disponíveis, em termos de funcionalidade, usabilidade, naturalidade, eficiência, etc.; e proceder ao design, à implementação e ao teste do interface.

A usabilidade de interfaces multimodais pode, em geral, ser facilitada se os utilizadores se encontrarem familiarizados com este modo de interacção. Para tal é importante o desenvolvimento de *standards* transversais a todos os interfaces (Sturm, 2005).

Existem interfaces que colocam uma excessiva carga cognitiva sobre os seus utilizadores, embora este seja um problema que pode ser contornado através do seu "desaparecimento" de modo a que os utilizadores se foquem exclusivamente na actividade e nas implicações do mesmo (Foley, Wallace e Chan, 1984).

Por sua vez, Reeves *et al* (2004) mencionam ser necessária a definição de linhas de orientação que facilitem o design de sistemas multimodais *mainstream*.

Apresentam seis estratégias iniciais que, se seguidas, constituir-se-ão como um passo significativo para o seu sucesso e aceitação geral:

1. Clara especificação de requisitos para o interface, com particular atenção à preocupação de que este abarque o máximo de utilizadores, de contextos de utilização e de aplicações possíveis, de modo a assegurar a flexibilidade para utilizadores com competências e limitações e em situações que imponham restrições ou possibilidades de utilização distintas.

2. Preocupação com a necessária flexibilidade na decisão, pelos utilizadores, do modo como a sua privacidade e segurança serão geridas.
3. Opção por multimodalidade de *input* e de *output*, com vista a maximizar as capacidades cognitivas e físicas, assim como as preferências de utilização dos vários utilizadores.
4. Recurso a uma terminologia consistente, apresentação e funcionamento do interface.
5. *Feedback* constante ao utilizador por parte do interface, de modo a que este tenha noção do ponto de utilização em que se encontra e conheça as possibilidades e canais de interacção disponíveis a cada momento.
6. Prevenção e gestão adequada de erros do sistema e do seu utilizador, disponibilizando modos destes serem conscientemente corrigidos.

3. A NECESSIDADE DE CLASSIFICAR A INTERACÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

A multimodalidade é um dos desafios mais importantes no âmbito da HCI, necessitando a sua compreensão de se debruçar sobre o universo de todas as modalidades utilizáveis (Blache *et al*, 2007). Para tal, é necessária a adequada análise das situações e dimensões em que cada uma das modalidades de um interface multimodal é efectivamente superior aos típicos interfaces gráficos de utilizador (Cohen *et al*, 1998).

Um utilizador deve ter a liberdade de recorrer a uma combinação de modalidades ou de optar por utilizar apenas aquela que considera mais adequada às características da tarefa ou ao ambiente de interacção em que se encontra (Oviatt *et al*, 2000).

A multimodalidade possui o potencial de aumentar a usabilidade, a flexibilidade e a eficiência do acesso aos serviços de informação (Sturm, 2005). Apesar dos recentes desenvolvimentos tecnológicos no âmbito da HCI (baseados no reconhecimento da mensagem e do entendimento dos processos de comunicação) a falta de compreensão de como os modos de interacção podem ser combinados no interface do utilizador (UX) origina, frequentemente,

soluções de deficiente usabilidade (Sturm, 2005; Bourguet, 2009).

Esta falta de compreensão pode apenas ser superada através de um conhecimento adequado de soluções disponíveis e de um sistema coerente de categorização. Poucas foram, no entanto, as tentativas de descrição da interacção multimodal homem-computador aos níveis qualitativo e quantitativo, sendo este um campo de análise que necessita de sério desenvolvimento (Bourguet, 2009).

Nos últimos anos, a investigação em HCIs multimodais tem sido focada na análise e criação de interfaces *mainstream*. Neste contexto, Reeves *et al* (2004) consideram ser necessário o desenvolvimento de estudos empíricos adicionais que permitam determinar as combinações de *input* e de *output* mais intuitivas e eficientes para os utilizadores, aplicações e contextos de utilização, assim como a melhor forma destas modalidades serem integradas.

Por sua vez, Bernsen e Dybkjær (2003) alertam para o perigo de se exagerar na promoção da interacção multimodal, nomeadamente quando a agregação de modalidades não promove qualquer acréscimo de eficiência na comunicação homem-computador, devendo ser sempre valorizados os resultados da interacção. A este propósito, censuram, por exemplo, a banalização da investigação em agentes conversacionais animados mais ou menos elaborados, quando estes ocupam espaço valioso de ecrã e recursos de processamento, em comparação com o simples *output* discursivo. Ainda que estudos empíricos manifestem que os utilizadores alteram a sua atitude e expectativas face ao sistema informático quando confrontados com um agente conversacional animado mais ou menos realista, assumindo a postura de uma interacção mais próxima da comunicação humana.

Hyde (1998) considera que os sistemas interactivos multimodais se encontram contaminados pelo desejo dos designers em aplicar novas tecnologias sem que tal traduza um real aumento de usabilidade e que o sucesso do interface é aferido tendencialmente através de abordagens empíricas. Por essa razão, afirma não existir um sistema de notação adequado à descrição da actividade multimodal.

Também Bernsen e Dybkjær (2003) consideram que o campo da HCI multimodal é prolífero em estudos empíricos, centrados em torno de generalizações pouco fundamentadas e frequentemente contraditórias, para além de uma falta de variedade de teoria aplicável que não encontra paralelo em nenhum outro campo de investigação. Por tudo isto, sugerem a

necessidade simultânea de se adaptar teoria proveniente de outras áreas de investigação e de se criar enquadramento teórico novo e específico.

Por exemplo, referem que as teorias do discurso entre humanos não são adequadas ao estado actual de desenvolvimento tecnológico, uma vez que os sistemas informáticos não possuem capacidade de integrar esse tipo de discurso muito livre e pouco direccionado para o cumprimento de objectivos (por oposição ao tipo de discurso relevante na interacção homem-computador contemporânea). Concluem reconhecendo que os estudos empíricos, no âmbito da HCI multimodal, encontram maior proximidade aos processos de engenharia — de facto, esses testes empíricos, a valorização sistemática e a avaliação fazem parte integrante desses processos — do que ao desenvolvimento de teoria sustentada em palpites, assunções, extrapolações, transferência não testada de outros cenários de aplicação, grupos de utilizadores, ambientes, etc.

O desafio à abordagem da multimodalidade, segundo Sinha e Landay (2002) é crescente mas a ausência de ferramentas que sirvam de suporte aos designers de interfaces é um constrangimento que é necessário resolver.

Bailey (1994) define classificação, na sua forma mais simples, como a ordenação de entidades em grupos ou classes com base na sua similitude, procurando a mínima variação dentro de um mesmo grupo e a máxima variação entre diferentes grupos. Considera que um sistema de classificação é a base principal a partir da qual uma teoria se pode desenvolver e que sem este não é possível qualquer tipo de conceptualização, raciocínio, linguagem ou análise de dados (Idem).

A este propósito, Bailey (1994) associa dez vantagens ao desenvolvimento e aplicação de um bom sistema de classificação:

1. Providencia uma listagem de tipos exaustiva e, eventualmente, definitiva.
2. Reduz a complexidade e atinge parcimónia.
3. Identifica similaridades entre entidades e permite que um conjunto seja analisado através da inclusão ou exclusão de outras entidades.
4. Identifica diferenças, permitindo a separação de entidades distintas para análise.
5. Apresenta uma listagem exaustiva de dimensões ou características.
6. Permite a comparação de tipos de entidades.

7. Gere e organiza tipos de entidades.
8. Permite a especificação de hipóteses relativas a relações entre classes de entidades e a posterior identificação de casos empíricos.
9. Os tipos podem ser utilizados como critério de medida, de tal modo que um tipo possa ser utilizado como o ponto de referência em relação aos outros.
10. Providencia versatilidade, servindo muitas necessidades e revelando diferentes aspectos dos dados.

Atente-se, ainda, que os sistemas de classificação são ubíquos à condição humana, extravasando o mero contexto académico. A este propósito, recorda-se, por exemplo, a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget (1959) onde a capacidade de nomear e identificar conjuntos de objectos com base na sua aparência, tamanho ou uma qualquer outra característica (incluindo a noção de que um conjunto de objectos pode incluir um outro) são marcos essenciais no desenvolvimento de uma criança. A necessidade de classificar e ordenar é considerada uma característica intrínseca da espécie humana.

SÍNTESE CONCLUSIVA

A multimodalidade tem sido associada, ao longo das últimas décadas, ao desenvolvimento de HCIs mais eficazes, mais rápidas e mais simples, através da promoção de acessibilidade e usabilidade superiores. Relevante para este contexto tem sido a crescente compreensão dos mecanismos da percepção humana, que estão hoje claramente estabelecidos como primordialmente assentes em processos cognitivos de natureza multimodal.

No entanto, o carácter fragmentado e interdisciplinar da área de investigação em HCI, associado a uma rápida evolução tecnológica, levam a que a consolidação de um corpo de conhecimento estruturado e assente em fundamentos teóricos bem estabelecidos, (muitas vezes apoiado em estudos de caso e provas de conceito de carácter empírico e particularizantes), seja comprometido.

Por outro lado, a investigação tem adoptado modelos de análise da HCI contaminados pela percepção de um universo interactivo em que o AI se encontra subordinado à acção do AH. Esta opção marginaliza e limita o potencial de análise e compreensão destes processos, pelo que se propõe e adopta um modelo neutro.

O entendimento de que, só por si, o recurso a soluções de interacção multimodal assegurará o desenvolvimento de interacções mais naturais e eficazes não é um dado adquirido, podendo ser contraproducente em determinados contextos. A sua adopção carece de ponderação e validação face a cada contexto específico de interacção. De facto, os interfaces multimodais apresentam simultaneamente potencialidades e constrangimentos, devendo cada uma das modalidades sensoriais de interacção ser seleccionada de acordo com a eficácia de comunicação por si promovida. Esta eficácia encontra-se condicionada por inúmeras variáveis, nomeadamente pelas características do conteúdo a transmitir, do emissor, do receptor, dos mecanismos de *input* e de *output*, dos sistemas de cognição (humana e informática), entre outros.

PARTE II**ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA INTERACÇÃO HOMEM-COMPUTADOR**

Capítulo 2

CONCEITOS, DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES DE ÂMBITO GERAL

NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo aborda os critérios metodológicos adoptados neste projecto de investigação.

Apresenta-se, detalhadamente, a proposta do modelo geral do sistema de classificação adoptado para a análise de HCIs, assim como, os conceitos e definições estruturantes necessários ao seu entendimento.

Serão caracterizados os conceitos de agente informático (AI), de processo interactivo (PI), de interacção homem-computador (HCI), de modalidade de interacção (MI), de unimodalidade e de multimodalidade. O conceito de processo interactivo será ainda analisado em par conjugado de processos interactivos (PCPI) e decomposto nas suas possibilidades funcionais de processo interactivo iniciativo (PII) e de processo interactivo resolutivo (PIR).

Trata-se de um conjunto de conceitos que, tendo sido já abordados, justificam um tratamento analítico aprofundado.

A classificação das coisas do mundo e o mundo das coisas classificadas estabelecem, no decorrer da história das culturas, os padrões das mudanças nas nossas capacidades mentais e tecnológicas de ordenar, desordenar, reordenar fenómenos dos quais nos aproximamos, ou nos distanciamos, em compreensão e entendimento, pela maior ou menor consistência lógica interna do modelo de representação e por sua maior ou menor capacidade de absorver em descrição e em explicação um número cada vez maior de fenómenos, com probabilidade muito pequena de que possam surgir casos que escapem ao alcance e abrangência dessa capacidade.

Carlos Vogt (2011)

1. CRITÉRIOS METODOLÓGICOS DE SELECÇÃO DE ENTIDADES A CLASSIFICAR

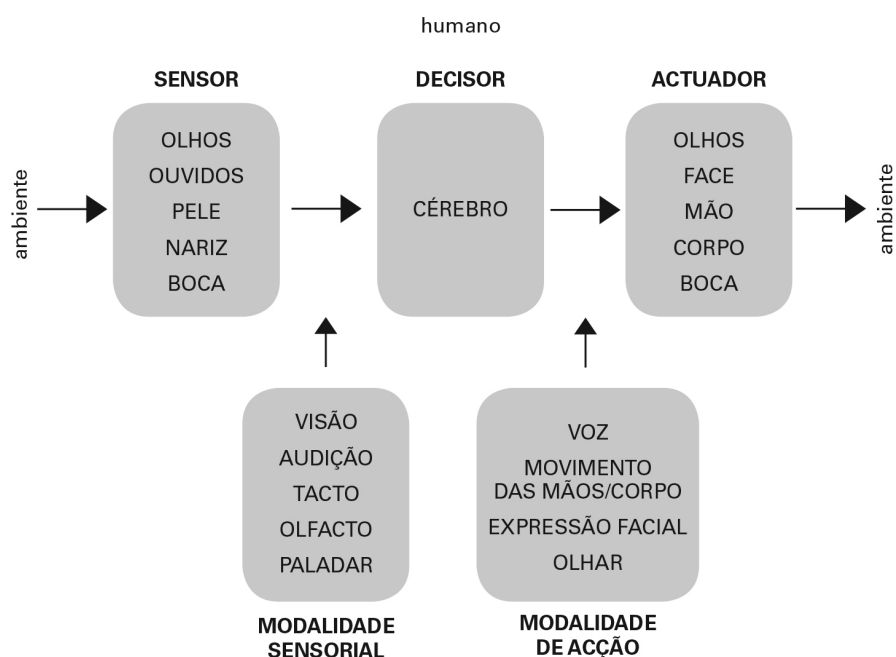
1.1. Percepção e modalidades sensoriais humanas

Silbernagel (1979), [cit. por Shomaker *et. al.* (1995)], afirma serem seis os canais de percepção sensorial humana (Quadro 1), correspondendo a cada um destes, um órgão sensorial e uma modalidade específicos. A sua análise assenta nos cinco sentidos clássicos e na agregação do sentido do equilíbrio.

Quadro 1. Diferentes sentidos e correspondentes modalidades (Shomaker *et. al.*, 1995)

PERCEPÇÃO SENSORIAL	ÓRGÃO SENSORIAL	MODALIDADE
VISÃO	OLHOS	VISUAL
AUDIÇÃO	OUVIDOS	AUDITIVA
TACTO	PELE	TÁCTIL
OLFACTO	NARIZ	OLFATIVA
PALADAR	LÍNGUA	GUSTATIVA
EQUILÍBRIO	ÓRGÃO DO EQUILÍBRIO	VESTIBULAR

Sharma *et al* (1998), por sua vez, entendem que o homem percebe o ambiente em que vive através dos cinco sentidos clássicos — visão, audição, tacto, olfacto e paladar — agindo sobre este através de *actuadores* (do original, em inglês, *actuator*) — por exemplo, o corpo, as mãos, a face e a boca. Deste modo, a interacção homem-homem terá por base a percepção das acções dos *actuadores*, num determinado ambiente (Fig. 7). Na HCI, o computador assume o papel de perceber as acções do utilizador humano.

Figura 7. Modalidades para a sensação e acção humanas (Sharma *et al*, 1998)

Sharma *et al* (1998) mencionam ainda que os computadores incorporam modalidades que o homem não tem, por exemplo, a capacidade que têm de estimar a posição da mão através de sensores magnéticos ou de mudanças subtis na actividade eléctrica do cérebro. Assim, existe um reportório vasto de modalidades de acção humana que podem ser percebidas por um computador, ainda que na sua investigação tenham concluído que as tecnologias físicas actuais que suportam a HCI comum, se encontram circunscritas aos sentidos humanos aos quais se aplicam.

Becker (2001) propõe a expansão da análise aos cinco sentidos clássicos, integrando o equilíbrio e a orientação corporal (Quadro 2), uma vez que promove uma melhor compreensão das modalidades sensoriais humanas.

Quadro 2. Tipos de modalidades humanas (Becker, 2001)

PERCEPÇÃO SENSORIAL	ORGÃO SENSORIAL	MODALIDADE
VISÃO	OLHOS	VISUAL
AUDIÇÃO	OUVIDOS	AUDITIVA
TACTO	PELE	TÁCTIL
OLFACTO	NARIZ	OLFATIVA
PALADAR	LÍNGUA	GUSTATIVA
EQUILÍBRIO	ÓRGÃO DO EQUILÍBRIO	VESTIBULAR
ORIENTAÇÃO CORPORAL	ARTICULAÇÕES, SISTEMA NERVOSO	PROPRIOCEPTIVA

Herczeg (2006), [cit. por Emsenhuber (2011)], afirma serem predominantemente utilizados apenas três sentidos: a visão, a audição e o tacto, apesar de encontrar propostas de integração de outros sentidos na interacção com o computador (ainda que se encontrem em fase preliminar). Porém, a sua implementação generalizada carece de desenvolvimento e de consolidação. Para além da comprovação de um efectivo acréscimo de usabilidade.

Propõe-se, no âmbito deste projecto de investigação, que a redução do potencial de modalidades aos sentidos clássicos deva ser encarada como um constrangimento analítico.

O conceito de HCI abarca hoje dispositivos físicos de interacção que noutros tempos seriam inconcebíveis. Por exemplo: o recurso a eléctrodos introduzidos em vários pontos do sistema nervoso que monitorizam a actividade cerebral e utilizam esses sinais para emissão de ordens ou comandos; o recurso à contracção de músculos para a produção de sinais eléctricos locais no controlo de próteses mioeléctricas em membros amputados; o controlo de AIs através das variações dos campos electromagnéticos gerados pelo corpo humano; etc..

Não se deve excluir, por estes motivos, a possibilidade de virem a existir dispositivos físicos de interacção que recorram a modalidades de comunicação hoje funcionalmente impraticáveis ou mesmo inimagináveis.

1.2. Exclusões metodológicas

A opção de não abordar uma taxonomia das modalidades sensoriais, dos *media* envolvidos e dos diversos sensores técnicos utilizados na HCI, é intencional. Uma tal análise condicionaria o potencial de desenvolvimento de interfaces multimodais, constringendo-os a soluções tecnológicas contemporâneas ou meramente evolutivas, por oposição a uma ferramenta aberta que permita integrar os avanços teóricos e tecnológicos futuros (e.g. ao nível da extensão das capacidades somatossensoriais do cérebro e da evolução no campo da cibernética).

Opta-se ainda pela não apresentação de uma taxonomia das dimensões que se podem processar no âmbito de cada modalidade de HCI. Trata-se de uma decisão intrinsecamente ligada à anterior opção metodológica e que assenta nos mesmos fundamentos: não incorrer pelo desenvolvimento de sistemas de classificação que se revelem tecnologicamente circunscritos no tempo. No âmbito do sentido da visão, podemos exemplificar algumas dimensões de informação: as expressões faciais; os movimentos corporais de grande escala; os gestos comunicativos; o movimento dos lábios que acompanham o discurso oral; o movimento dos olhos durante o olhar; entre outros. Uma vez mais, estar-se-ia a analisar os sinais transmitidos/adquiridos através de MIs com base no avanço e constringimentos tecnológicos actuais, pelo que qualquer classificação neste âmbito se encontraria também limitada.

Também a opção pela classificação de interacções em detrimento da classificação de interfaces, que ao longo da tese se evidenciará, resulta do entendimento de que um interface só origina uma determinada classe de interacção (e.g. multimodal) se o *software* o permitir (de modo opcional, condicional ou imperativo). Atente-se que um interface, podendo ser multimodal nas suas potencialidades ao nível de *software* e de *hardware* (e.g. ao nível dos canais de *input* e das modalidades de *output*), nem sempre o será ao nível do desenvolvimento dos PIs. Mas, mesmo quando esta possibilidade se encontra disponível, o AH e o AI envolvidos na interacção poderão optar por desenvolver PIs Unimodais (se tal opção lhes for permitida).

Assim, na análise HCIs multimodais, é de principal interesse a interacção desenvolvida e apenas marginalmente as possibilidades de interacção permitidas.

Verifica-se, também, que os sistemas de classificação apresentados no âmbito da revisão de literatura se focam predominante em soluções de HCI ao nível dos interfaces de *input* do AI, actuando estes sistematicamente como receptores de solicitações do AH. Os interfaces de *output* do AI são, desse modo, entendidos como apenas capazes de proporcionar *feedback* interactivo, não incidindo a sua análise sobre os PIs desencadeados pelos AIs que tenham como receptor um AH. A presente tese privilegia modelos e sistemas de classificação que, pela sua neutralidade, possibilitem uma análise abrangente da HCI.

Contesta-se ainda a existência de uma distinção formal entre contextos de fusão de modalidades (utilizadas na apresentação de uma solicitação) e de fissão de modalidades (utilizadas na apresentação de uma resposta). Esta visão não salienta a sua equivalência conceptual e foca-se indevidamente nas limitações associadas aos respectivos processos técnicos a desenvolver por um AI. Trata-se de uma falácia assente na distinção de papéis de interacção atribuídos aos AH e AI, ancorando-os respectivamente às funções de emissor de solicitação e de emissor de resposta, assim como na alegada diferença de capacidades.

Propõe-se, por conseguinte, um sistema de classificação abrangente que potencie a reflexão teórica e prática na análise e produção de interfaces ao nível das suas características conceptuais de implementação técnica. Para tal, proceder-se-á à apresentação de sistemas de classificação de MIs, de PIs e de HCIs que remetam para uma análise de âmbito multimodal e que possam franquear e desafiar os limites psicossomáticos e sensóriomotores contemporâneos de AHs e AIs.

Não se procederá, deste modo, à análise e apresentação de sistemas de classificação que se considerem não relevar directamente para a multimodalidade na HCI.

2. CONCEITOS ESTRUTURANTES ADOPTADOS

Apresentam-se, de seguida, os conceitos que se encontram na base das várias propostas de sistemas de classificação desenvolvidas no âmbito do projecto de investigação.

Tratam-se de conceitos estruturantes, transversais e interdependentes que, no seu todo e em associação com as referidas propostas, visam contribuir para a construção de um corpo de conhecimento.

2.1. Agente informático

O conceito de AH — o ser humano envolvido numa HCI — não carece, pela sua clareza, de aprofundamento. No entanto, o conceito de AI justifica uma caracterização que clarifique o seu potencial de intervenção.

A opção pela terminologia de "agente informático" em detrimento de outras (nomeadamente da comum de "computador") resulta da preocupação em generalizar o conjunto de propostas de sistemas de classificação a um universo de aplicação mais global, não circunscrito ao associado aos computadores pessoais. A ubiquidade contemporânea dos sistemas informáticos assim o requer. As várias terminologias associadas a um AI (e.g. sistema informático, computador, *drone*, autómato, etc.) deverão ser entendidas de modo equivalente, definindo-se este como um sistema não natural de mecanismos com capacidade de integrar pelo menos um dos seguintes contextos de interacção:

- captar informação proveniente de uma entidade externa (de um AH, de outro AI, do meio ambiente ou de qualquer outra concebível), de processar essa informação e de emitir informação sob a forma de uma resposta;

- emitir informação a uma qualquer entidade externa (a um AH, a um outro AI, ao meio ambiente ou a qualquer outra concebível) e posteriormente captar e processar a informação que essa entidade externa lhe emita sob a forma de uma resposta.

Enquanto que o primeiro contexto de interacção caracteriza o AI como uma entidade que apresenta respostas a solicitações externas (suportadas pela produção de PIRs), o segundo posiciona-o como a entidade que apresenta solicitações (através de PII) no sentido de obter respostas às mesmas. Registe-se que um AI mais evoluído possui a capacidade de intervir em ambos os contextos de interacção.

2.2. Modalidade de interacção

O conceito de modalidade de interacção (MI) — i.e. modalidade sensorial de interacção, modalidade de transporte ou ainda modalidade de informação — será entendido como a forma de representar a informação transmitida entre dois agentes envolvidos numa HCI. Este conceito assume o papel de suporte à comunicação que ocorre durante uma interacção, assegurando a transmissão da informação.

Uma MI é constituída por um perfil de características próprias e tem, pelo menos, um *medium* (meio técnico através do qual a informação escrita, visual ou sonora pode ser transmitida) de expressão específico que lhe permite traduzir-se numa representação externa e assegurar o transporte do conteúdo informativo entre os dois agentes da HCI.

Esta definição geral de MI necessita de ser decomposta nos seus níveis internos de:

- Modalidade de *Output* (MO), que corresponde ao canal sensorial a que um emissor recorre para transmitir um conteúdo informativo;
- Canal de *Input* (CI), que corresponde ao canal sensorial através do qual um receptor adquire o conteúdo informativo.

Numa HCI, se um agente emissor recorrer a várias MOs para transmitir informação, apenas têm relevância aquelas que efectivamente originarem a aquisição dessa informação por parte do agente receptor (através de um ou de mais CIs), sendo as demais desconsideradas. Por exemplo, não se considera o facto de, num PI, um AH se expressar de modo não verbal (e.g. através de gestos e/ou de outras expressões corporais) se, por sua vez, o AI não concretizar a aquisição e posterior processamento desse conteúdo informativo através de um CI (e.g. visual). Deste modo, as MIs em uso dependem de MOs correspondidas por CIs.

Por outro lado, devem também ser analiticamente consideradas as MIs que promovem a emissão de dados multidimensionais. Por exemplo, um AH pode comunicar oralmente, emitindo conteúdo verbal, e produzir outros sinais comunicativos comuns ao discurso verbal que não apenas a mensagem textual (e.g. as pausas, o tom de voz, a entoação, o sotaque, entre outras). Trata-se de um conjunto de diferentes dimensões de informação (DIs) que são emitidas através de uma mesma MO. Por sua vez, o AI envolvido pode adquirir esse conjunto de DIs através de um único microfone (utilizando um único CI) ou através de vários microfones (vários CIs), cada um dedicado a uma ou várias DIs. Neste último contexto, teremos mais do que um CI a adquirir conteúdo informativo emitido por uma única MO. Também aqui, no entanto, se deverão apenas considerar as DIs que, efectivamente, são adquiridas e não todas aquelas que foram utilizadas na emissão da informação.

Propõe-se, assim, o entendimento de que uma MI é definida em torno do recurso, pelo agente emissor, a uma ou mais MOs de natureza sensorial comum e do recurso, pelo agente receptor, a um ou mais CIs de natureza sensorial também comum entre si. Nesta circunstância, o exemplo da comunicação oral pelo AH adquirida por vários CIs autónomos (vários microfones) implica uma natureza sensorial comum (sonora), pelo que se considera o recurso a apenas uma MI. Por outro lado, ao recorrer-se a dois ou mais CIs autónomos de diferente natureza sensorial (e.g. um microfone e um sensor sísmico) para adquirir parcelarmente a informação emitida por uma única MO (auditiva), dever-se-á considerar que se recorreu a duas MIs (partilham a mesma MO mas recorrem a diferentes CIs).

O mesmo entendimento se aplica ao fluxo inverso de dados. Por exemplo, se um AI apresentar informação visual através de dois ecrãs, sendo esta adquirida através de um ou dois olhos do AH, considera-se o recurso a apenas uma MI. Por outro lado, se o AI comunicar

simultaneamente informação através do movimento de um braço robótico (emissão de informação de natureza háptica) e de um ecrã (emissão de informação de natureza visual), sendo esta adquirida integralmente através de um ou dois olhos do AH (aquisição de informação de natureza visual), considera-se aqui a existência do recurso a duas MIs (partilham entre si os CIs mas não as MOs).

Verifique-se a adopção de conceitos de MO e de CI por aproximação conceptual aos conceitos de actuadores e de sensores físicos do modelo de Sharma *et al* (1998), anteriormente enunciado. Por exemplo, os actuadores *boca* do AH e *altifalante(s)* do AI (enquanto suporte de MOs de natureza sonora) emitirão informação que poderá, respectivamente, ser adquirida pelos sensores *microfone(s)* do AI e *ouvido(s)* do AH (enquanto suporte de CIs de natureza também sonora). Os actuadores *mão(s)* do AH e *braço(s) robótico(s)* do AI (enquanto suporte de MOs de natureza háptica) emitirão informação que poderá ser adquirida pelos sensores *câmara(s) de vídeo* do AI e *olho(s)* do AH (enquanto suporte de CIs de natureza visual). Esta aproximação conceptual, entre MOs e actuadores e entre CIs e sensores físicos, facilita os processos de análise e classificação de PIs e promove a *praxis*.

2.3. Interacção e processos interactivos

As propostas de sistemas de classificação, adiante apresentadas, podem ser adoptadas nos seguintes contextos de análise: interacções homem-computador, interacções homem-homem, interacções homem-ambiente, interacções computador-computador, interacções computador-ambiente e interacções ficcionáveis. No entanto, atendendo aos objectivos do projecto de investigação, apenas as HCIs serão abordadas, estando a linguagem e a terminologia condicionadas por esta opção.

Assim, define-se HCI como um sistema que integra a comunicação entre dois agentes, em que uma das partes (seja o AH ou o AI) recorre a pelo menos uma Modalidade de Interacção (MI) para solicitar da contraparte a produção de uma resposta que, por sua vez, lhe será transmitida através de pelo menos uma MI.

Entende-se, deste modo, a HCI como uma construção que se processa através de uma sucessão de actos comunicativos — designados de Processos Interactivos (PIs) — ocorrendo cada um deles em sentido oposto: num primeiro momento, decorre a apresentação de uma solicitação por parte do seu emissor; num segundo, surge a produção de uma resposta por parte do receptor da solicitação original, que assume o papel de contraparte na HCI.

A este propósito, refira-se que uma HCI poderá justificar a execução de apenas um PI por parte de cada agente, encerrando-se na prossecução imediata dos seus objectivos de interacção, ou de mais do que um, com vista à construção parcelar dos mesmos.

No conjunto de propostas de sistemas de classificação que se apresentam, o conceito de Processo Interactivo (PI) abarca, simultaneamente, os contextos específicos de processos de transmissão de solicitações e de processos de transmissão de respostas. O PI que envolve a emissão e aquisição de uma solicitação será designado de Processo Interactivo Iniciativo (PII) e, por sua vez, o PI que envolve a emissão e aquisição de uma resposta será designado de Processo Interactivo Resolutivo (PIR).

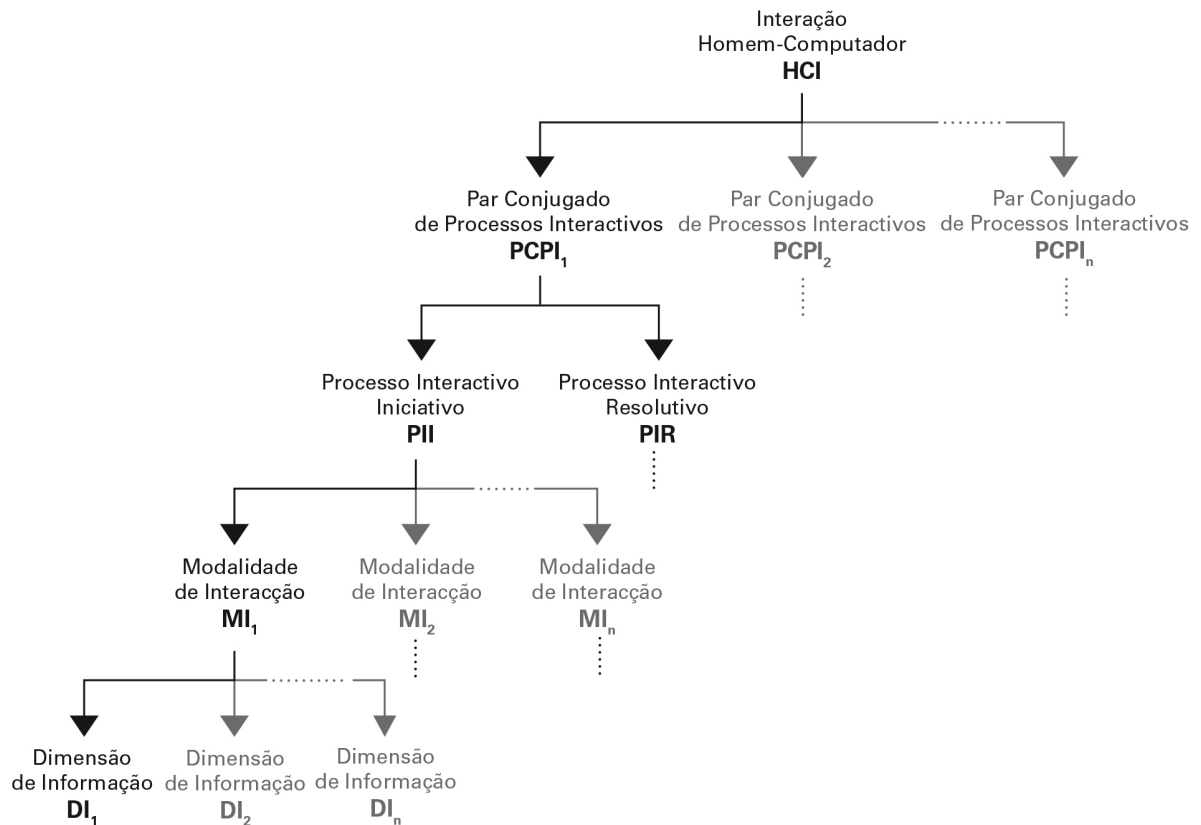
Atribuindo-se as mesmas características funcionais a ambas as classes-base de PIs — um agente emissor recorre a uma ou mais MOs para transmitir um conteúdo informativo que será adquirido por um agente receptor através do recurso a um ou mais CIs — verifica-se que o agente emissor de um PII assumirá o papel de agente receptor do correspondente PIR (e vice-versa).

A HCI é, assim, constituída em torno do agente emissor da solicitação (que para tal recorre a uma ou mais MOs) e do correspondente agente receptor (que a adquire recorrendo para tal a um ou mais CIs) passando este, de seguida, a assumir o papel de agente emissor da resposta (recorrendo a uma ou mais MOs) e o agente emissor original a assumir o papel de seu agente receptor (recorrendo para tal a um ou mais CIs).

Ora, a designação de "Interacção Homem-Computador" (Quadro 3) é atribuída à sequência conjunta de pelo menos um PII e um PIR caracterizados por uma continuidade consequente entre si — conjunto designado de Par Conjugado de Processos Interactivos (PCPI) — perspectivando-se a possibilidade de ser necessário, em determinados contextos, o desenvolvimento consequente de mais do que um dos referidos conjuntos com vista à prossecução dos objectivos de interacção.

Por outro lado, entende-se que cada uma das MIs utilizadas poderá recorrer a uma ou mais dimensões de informação (DIs), definindo-se estas como as propriedades da informação transmitida por uma MI que se vêm alvo de processamento por parte do agente receptor (e.g. luminosidade ou cor ao nível da visão).

Quadro 3. Estratificação de uma Interação Homem-Computador



2.4. Objectivos de interacção

Os objectivos de uma HCI encontram-se na base do seu desenvolvimento, correspondendo ao(s) resultado(s) esperado(s) pelo agente que a promoveu. É frequente um AH ser responsável pela definição dos objectivos de interacção, no entanto esse facto não impõe a obrigato-

riedade de ser ele a desenvolver os PIIs e de os consequentes PIRs serem desenvolvidos pelo AI. Uma HCI pode ser suportada por um interface em que o AI interpela (em abstracto ou através da apresentação sucessiva de opções de acção) e o AH assume o papel de responder a questões, assegurando desse modo a prossecução dos seus (AH) objectivos de interacção (tratar-se-ia de um *system-initiative dialogue style*).

O debate em torno da HCI tem-se focado exclusivamente em dois paradigmas de arquitectura de controlo (Walker, 2000, e Lütkebohle e Wachsmuth, 2012): ou o AI desenvolve todos os PIIs e o AH todos os PIRs (*system-initiative dialogue style*); ou ambos partilham o desenvolvimento das duas classes de PIs (*mixed-initiative dialogue style*).

Este facto é apenas justificável à luz de contextos históricos e contemporâneos, que negligenciam a concepção de HCIs em que o AH executa todos os PIIs e o AI todos os PIRs (um *human-initiative dialogue style*), associados a uma inevitável maior curva de aprendizagem no âmbito de tal arquitectura de controlo (a ausência de pistas de continuidade, por parte do AI, impõe um maior conhecimento do interface por parte do AH).

As três possibilidades descritas enquadram-se num âmbito de classificação que não apresenta interesse directo para a multimodalidade na HCI, pelo que não será desenvolvido. É no entanto de relevar a necessidade de se evitar uma confusão entre os conceitos de "agente que desenvolve PIIs" e de "agente que determina os objectivos de interacção". De facto, quando um AH utiliza uma aplicação de correio electrónico são os seus objectivos de interacção que se encontram em desenvolvimento, independentemente da interacção se desenvolver numa sequência de PIIs por parte do AI e de PIRs por parte do AH (*system-initiative dialogue style*).

Atente-se no exemplo apresentado por Walker (2000) para uma aplicação de correio electrónico interpelada e retorquida por voz: AI: "Há 5 novas mensagens não lidas na sua caixa de correio. Ler, Resumir, ou Ajuda para mais opções?". AH: "Ler". AI: "Seleccionar por Remetente, por Assunto, ou por Ordem de chegada?" AH: "Remetente". AI: "Qual dos Remetentes?" AH: (...)

Por outro lado, os objectivos de interacção que um determinado agente estabelece para o desenvolvimento da uma HCI não são necessariamente os mesmos que os da contraparte.

Poder-se-á assistir ao desenvolvimento de interacções em que apenas um dos agentes envolvidos estabeleceu objectivos de interacção ou em que os dois os estabeleceram. Tratando-

-se da última possibilidade, poder-se-ão ainda perspectivar contextos em que os objectivos de interacção definidos por cada um dos seus agentes são idênticos ou diferentes. Sendo definidos objectivos de interacção diferentes, estes poderiam ser classificados como: antagónicos, complementares ou independentes. Trata-se, no entanto, de uma distinção que escapa à caracterização da multimodalidade — assunto fulcral da presente investigação.

É, porém, de reforçar que uma HCI se encontra circunscrita ao desenvolvimento de objectivos específicos. A ocorrência de contextos em que nenhum dos agentes os defina não corresponde, conceptualmente, a uma interacção efectiva mas sim a uma mescla de acções inconsequentes. Não há, nesta circunstância, a ocorrência da apresentação de uma solicitação intencional e de uma resposta em conformidade. Trata-se de uma outra distinção que releva para uma proposta de sistema de classificação que se encontra fora do âmbito deste projecto de investigação, pelo que também não será abordada.

Reforçando o facto de que os objectivos de uma interacção se encontram na base do seu desenvolvimento e que o resultado deve corresponder ao previsto (por parte do agente que lhe deu origem), será ainda legítimo argumentar que, no caso de se encontrarem definidos objectivos de interacção diferentes por cada uma das contrapartes, se estarão a desenvolver duas interacções diferentes em simultâneo. Tratar-se-á de um contexto em que duas HCIs diferentes se sobrepõem ao nível de PIIs e de PIRs (total ou parcialmente). Esta circunstância pode, inclusive, originar o fracasso do prosseguimento dos objectivos de interacção de um ou, eventualmente, dos dois agentes envolvidos. Não possuindo também relevância directa para o âmbito da caracterização da multimodalidade, não será desenvolvida uma proposta de um sistema de classificação que desenvolva esta temática, ficando apenas apresentada como possibilidade de uma compreensão mais abrangente do universo da HCI.

Saliente-se, ainda, que os objectivos de interacção do agente que desencadeia uma HCI constituída por mais do que um PCPI pode mudar ao longo do decurso desta. Coloca-se aqui a questão de como analisar um tal contexto: estaremos perante uma única HCI cujos objectivos sofreram alteração ao longo do desenvolvimento do seu plano ou estaremos perante uma mudança efectiva de HCI em desenvolvimento? Recorde-se, aqui, o entendimento de que uma HCI se encontre indelevelmente associada aos seus objectivos. Se estes mudarem, também se estará a mudar de HCI.

A interrupção (e consequente abandono) de uma HCI, para se desencadear o desenvolvimento de outra, poderá estar associada a um conjunto variado de razões: uma interrupção de ordem externa (e.g. por qualquer motivo é abandonada a HCI e é ordenado o encerramento do computador); uma resposta inesperada recebida através de um PIR (assumido como de Continuidade), mas que pelo seu carácter disruptivo, promove a interrupção da HCI; uma interrupção de ordem interna (e.g. o AI alerta o AH para a chegada de uma mensagem de *email*); etc..

Coloca-se ainda a questão: como classificar o contexto de uma HCI que no início não tem objectivos de interacção bem definidos, verificando-se temporariamente uma acção exploratória por parte do agente que a promoveu, até à definição e posterior prossecução destes? Neste caso, defende-se que se assiste a uma mudança de HCI. De facto, da exploração inicial até à definição de um determinado objectivo de interacção, é um fim em si mesmo e que, uma vez alcançado, origina o desencadear de uma nova HCI.

Saliente-se que os contextos descritos não são conceptualmente análogos. De facto, enquanto que o primeiro implica o abandono de uma HCI e o desencadear de uma outra, o segundo revela o cumprimento dos objectivos iniciais (a definição de objectivos específicos para uma HCI que será desenvolvida posteriormente).

2.5. Unimodalidade e multimodalidade em processos interactivos

Como anteriormente descrito, define-se um PI Multimodal homem-computador como aquele que ocorre entre ambientes físicos e virtuais (independentemente da fonte/emissor e do destino/receptor da informação) através de pelo menos duas MIs (e.g. emitido simultaneamente através das modalidades visual e auditiva), por oposição a um PI Unimodal homem-computador que ocorre entre ambientes físicos e virtuais através de uma única MI (e.g. emitido apenas através da modalidade auditiva).

Ao contrário de outros autores (Shomaker *et al*, 1995; Becker, 2001), não se encontra pertinência conceptual numa distinção entre PIs que recorrem a exactamente duas MIs (uma eventual classificação de bimodalidade) e aqueles que recorrem a mais de duas MIs, enquan-

to caracterização de um caso particular de multimodalidade. De facto, defende-se que os desafios que distinguem a bimodalidade dos demais contextos de multimodalidade, são fundamentalmente técnicos e que, se assim não fosse, justificar-se-ia também a especificação de uma classificação de contextos de trimodalidade, de tetramodalidade, etc..

Por outro lado, existe uma distinção conceptual clara entre um contexto de multimodalidade e os contextos de unimodalidade. Esta análise encontra-se devidamente detalhada no enquadramento teórico e será aprofundada ao longo da tese.

2.6. Metodologia de apresentação de propostas de sistemas de classificação

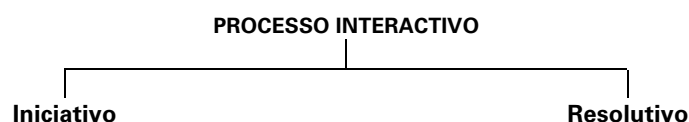
As propostas de sistemas de classificação que serão apresentadas, adoptam um modelo visual padronizado.

Exemplifica-se, de seguida, o sistema-base de classificação funcional de PIs (Quadro 4): barra vertical do lado esquerdo a enquadrar as propostas e a devida identificação para cada nível de classificação através de um código alfanumérico.

Para efeitos de síntese visual, as propostas de sistemas de classificação, serão acompanhadas de arborizações hierárquicas.

Quadro 4. Classificação-base de processos interactivos

1. **PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo** — apresentação de uma solicitação por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.
2. **PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo** — apresentação de uma resposta por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.



O sistema de codificação apresentado por numeração, permite a distinção entre os vários níveis classificativos. Esta numeração será ainda complementada a um nível mais fino, se necessário, pela alternância sequencial entre letras maiúsculas e números.

Como se verificará adiante, o carácter pluridimensional do conjunto de propostas de sistemas de classificação e a granularidade obtida no âmbito de cada uma das dimensões de classificação (por vezes elevada) justificam a existência de um sistema de codificação com estas características.

SÍNTESE CONCLUSIVA

A classificação dos sistemas de interacção de carácter multimodal deve passar pela selecção de dimensões de classificação que tenham um carácter abrangente e relevante, excluindo aquelas que circunscrevem as várias classes de classificação a catálogos de soluções tecnológicas contemporâneas, inevitavelmente restritivas e efémeras. Por exemplo, será de rejeitar a adopção de um sistema de classificação que catalogue os sentidos de interacção envolvidos.

Considera-se assim, inadequada a adopção de um modelo de HCI e de sistemas de classificação estritamente assentes em paradigmas de interacção contemporâneos que, com a evolução tecnológica, poderão ser ultrapassados. Por exemplo, a adopção de um modelo de interacção assente na apresentação de solicitações pelo AH e de respostas pelo AI será também de excluir.

Por fim, restringe-se o âmbito de sistemas de classificação a dimensões de classificação que relevem de modo directo e/ou relevante para o âmbito da multimodalidade.

Uma HCI envolve um acto comunicativo em que uma das partes (o AH ou o AI) recorre a uma ou mais MIs para solicitar da contraparte a produção de uma resposta que, por sua vez, lhe será transmitida através de uma ou mais MIs. Trata-se de um processo comunicativo que envolve dois tipos-base de PIs (PIIs e PIRs) no cumprimento de objectivos de interacção definidos por um ou pelos dois agentes de interacção.

Um PI envolve a emissão inicial de um conteúdo informativo de carácter interpelador por parte de um dos agentes da interacção. Este conteúdo é emitido através de uma ou mais MOs e será adquirido pela contraparte através de um ou mais CIs.

O conteúdo informativo transmitido entre os dois agentes da interacção pode ser emitido através de uma ou mais MIs, assumindo cada uma a forma de representar e difundir a informação. A representação dessa informação pode também ser assegurada pelo recurso a uma ou mais DIs. Por exemplo, o discurso oral pode ser transmitido e adquirido com vista ao processamento de apenas uma ou de mais do que uma das suas DIs/características.

Capítulo 3

INTERDEPENDÊNCIA DE PROCESSOS INTERACTIVOS

NOTA INTRODUTÓRIA

Inicia-se, com o presente capítulo, a apresentação de propostas de sistemas de classificação. As dimensões de análise em questão não encontram reflexão académica sustentada, pelo que se inviabiliza uma apresentação prévia do seu estado da arte.

Serão abordadas classificações associadas à estrutura de desenvolvimento de uma HCI, nomeadamente no que respeita aos PIs:

- a relação existente entre PIs de uma mesma HCI;
- a relação existente entre PIs de diferentes HCIs;
- o número de Pares Conjugados de Processos Interactivos (PCPIs) desenvolvidos no decurso de uma HCI.

1. The elements, if arranged according to their atomic weights, exhibit an evident *periodicity* of properties.
2. Elements which are similar as regards their chemical properties have atomic weights which are either of nearly the same value (...) or which increase regularly (...).
3. The arrangement of the elements, or of groups of elements in the order of their atomic weights corresponds to their so-called *valencies*.

Dmitri Mendeléeff (1889: 635)

1. CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS INTERACTIVOS QUANTO À RELAÇÃO QUE ESTABELECEM EXTERNAMENTE

Não se encontrando na literatura especializada uma abordagem ao assunto que se inicia neste capítulo, propõe-se a análise e descrição classificativa de PIs quanto à relação que estabelecem externamente.

Para uma melhor compreensão do universo da HCI, justifica-se salientar que o PII de uma HCI encontra-se, muitas vezes, subjugado à emissão de um PIR de outra, iniciada previamente. De facto, existe um conjunto muito alargado de HCIs que ocorrem de modo sequencial entre si. Esta situação é conjecturada do seguinte modo: trata-se do agente emissor que comunica uma solicitação ao agente receptor que, por sua vez, emitirá de retorno uma resposta ao agente emissor original. Esta resposta (comunicada através do desenvolvimento de um PIR) pode assumir um carácter terminal, encerrando conceptual e funcionalmente a HCI entre os dois agentes ou, por outro lado, pode integrar em si a simultânea emissão de uma solicitação (comunicada através do desenvolvimento de um PII coincidente) por parte do

agente receptor original ao agente emissor original. Constituirão, assim, um sistema de duas HCIs sequenciais que sobrepõem entre si PIs, de um tal modo que o PII de uma HCI posterior coincide com o PIR de uma outra HCI, desenvolvida previamente.

Deste modo, algumas HCIs encerrar-se-ão em si mesmas (e.g. carregar no botão de desligar o computador levará, por vezes, a que este se desligue a partir dessa solicitação sem que qualquer outra interacção seja desencadeada), mas outras poderão levar a uma série de HCIs subsequentes e/ou intermédias (e.g. dar o comando de encerramento do processador de texto pode levar a que o computador questione se o AH deseja gravar o documento de trabalho, solicitando-lhe uma resposta).

Atente-se que, nesta hipótese, a segunda HCI desencadeada pelo AI possui objectivos específicos de interacção que são independentes dos objectivos específicos associados à primeira interacção desencadeada pelo AH (de tal modo que um interface poderia não executar a segunda estando, no entanto, assegurada a execução da primeira). Trata-se de uma questão relevante para um sistema de classificação abrangente de PIs, pelo que se apresenta a sua tipificação (Quadro 5).

Quadro 5. Classificação de processos interactivos quanto à sua relação externa

1. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo — *classe caracterizada anteriormente.*

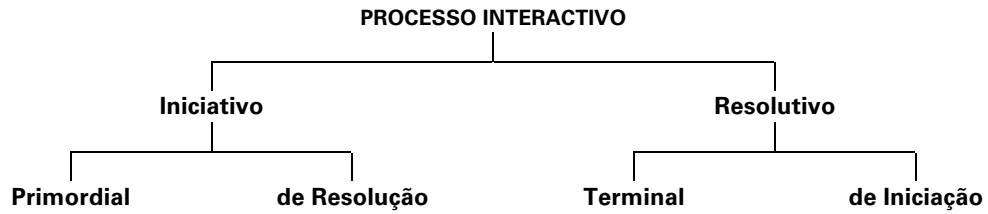
1.A. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo Primordial — é desencadeado autonomamente e não corresponde à produção de PIR em desenvolvimento no âmbito de outra HCI.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo de Resolução — é desencadeado através do PIR associado a outra HCI em desenvolvimento.

2. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo — *classe caracterizada anteriormente.*

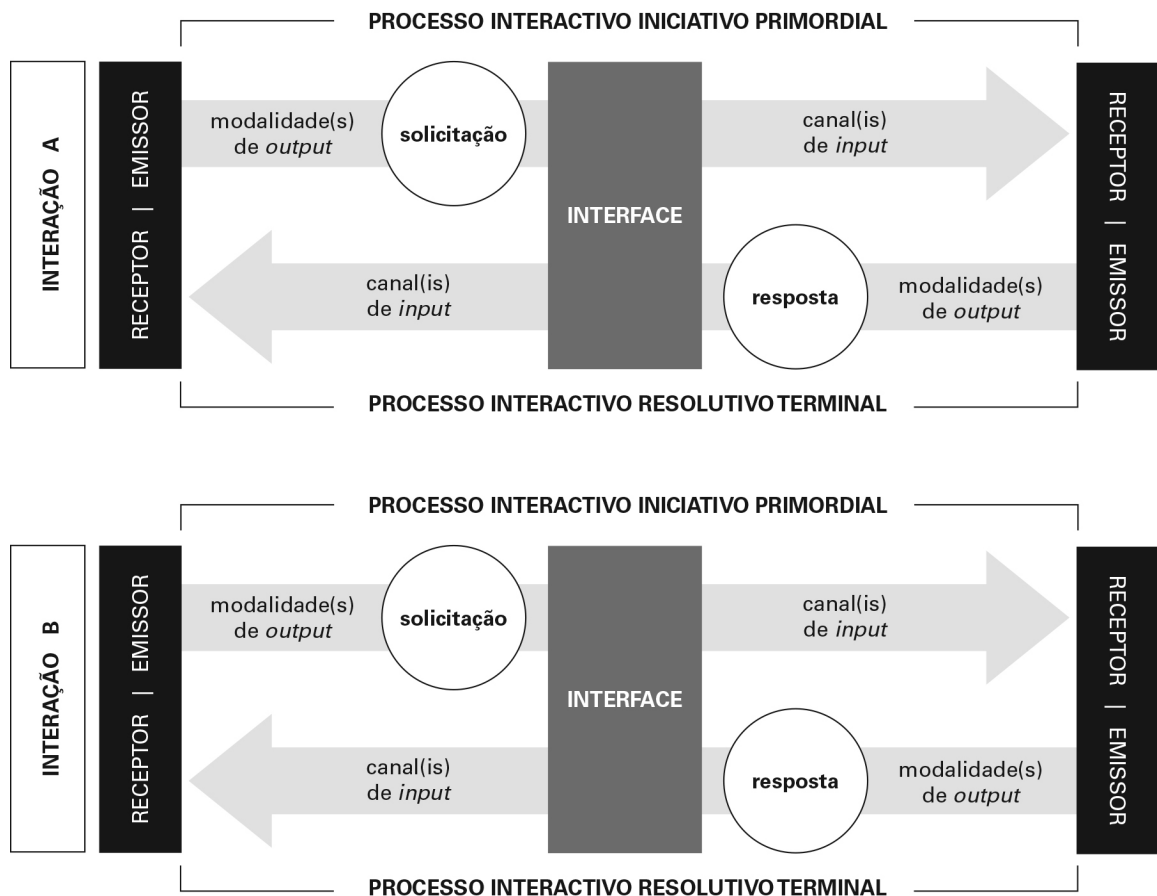
2.A. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo Terminal — é PIR de uma HCI sem desencadear uma outra em que se assumiria como PII.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo de Iniciação — é PIR de uma HCI ao mesmo tempo que se assume como PII de uma outra que desencadeia.

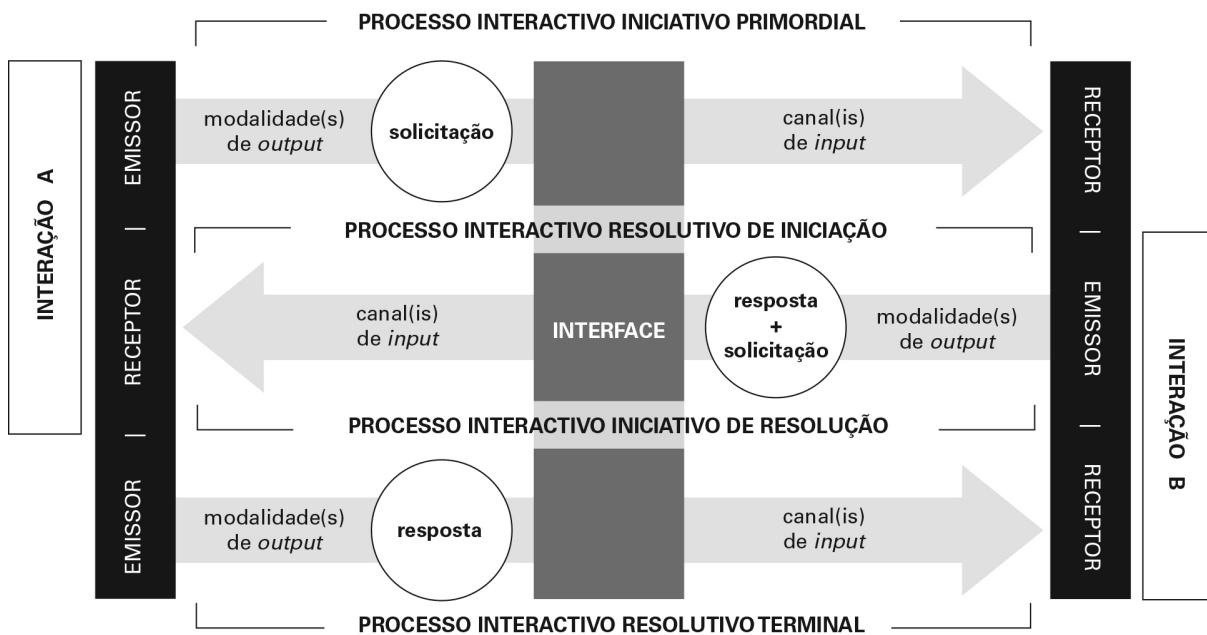


O modelo adoptado na análise à relação externa entre PIs de diferentes HCIs (Fig. 9) encontra-se subordinado ao modelo geral de HCI anteriormente proposto.

Figura 8. Proposta de modelo de relação externa entre processos interactivos



1) duas interacções independentes não consequentes entre si



2) duas interações constituídas de modo consequente entre si

Saliente-se que a classificação que recai sobre um PI que assuma a dupla função de PII de Resolução e de PIR de Iniciação, estará dependente da HCI que se entenda individualizar analiticamente num contexto de classificação.

A título de exemplo, um AI pergunta ao AH: "está tudo bem?" (PII Primordial). Este poderá responder que "sim" (PIR Terminal) finalizando de modo claro a HCI. Poderá também responder que "sim" e, em sequência, perguntar ao AI: "e tu, como é que estás?" (PIR de Iniciação + PII de Resolução). De seguida, o AI poderá responder a esta interpolação de um modo genérico — que se encontra bem, ou que está mais ou menos, ou que se encontra mal, ou responder de modo mais específico em termos técnicos — por exemplo, através da apresentação de dados de utilização do processador, dos ficheiro de paginação ou da memória *ram* (o PIR Terminal da segunda HCI).

Neste caso, se a resposta do AI correspondesse à descrição de um funcionamento não adequado, poder-se-ia afirmar que esta assumia, de algum modo, o duplo papel de PIR de Iniciação e PII de Resolução (em que a mensagem seria simultaneamente uma resposta e uma solicitação implícita), desencadeando uma intervenção do AH com vista, por exemplo, à correcção do deficiente funcionamento do sistema informático (um PIR, eventualmente classificável de Terminal).

Analisando a primeira hipótese de resposta apresentada pelo AH, constatámos que esta promove o encerramento da HCI desencadeada e que qualquer HCI que venha a ocorrer de seguida, não sucede a pretexto desta. O carácter perfeitamente individualizado desta HCI não revela a necessidade de uma classificação fina do PII e do PIR envolvidos, sendo justificável apenas a sua classificação a um nível hierárquico superior.

Por outro lado, na segunda hipótese descrita, o desencadear de uma nova HCI ocorre notoriamente a pretexto da primeira e possui, apesar do seu claro carácter autónomo (atente-se que possui objectivos de interacção independentes dos da primeira), uma dependência de encadeamento reaccional. Este carácter de encadeamento reaccional associado às duas HCIs descritas, justifica a adopção de uma classificação fina do PII e PIR desenvolvidos, sendo adequada a sua explicitação. Esta ocorrerá através do enquadramento em termos de PIIs (classificados em PII Primordial ou em PII de Resolução) e PIRs (classificados em PIR Terminal ou em PIR de Iniciação).

Ambas as HCIs, desenvolvidas neste exemplo, possuem objectivos de interacção específicos e individuais não necessitando, cada uma delas, que a outra se desenvolva para os alcançar. Este carácter de autonomia dependente encontra-se na base da proposta de sistema de classificação apresentada, e constitui-se como estrutural para a sua compreensão. Deste modo, o presente sistema de classificação apenas possui relevância no âmbito de análise de duas ou mais HCIs desenvolvidas entre os mesmos agentes.

Refira-se ainda a opção por não se classificar PIs de HCIs distintas em que não se verifica a partilha/fusão destes. O facto do desenvolvimento de uma HCI promover a intenção de desencadear uma outra, envolvendo os mesmos agentes, não releva analiticamente a menos que um ou mais dos seus PIs seja partilhado entre estas. Este entendimento decorre do facto de estes PIs se encontrarem funcionalmente individualizados e não subsistirem dúvidas em relação à HCI a que pertencem, atendidos os objectivos de interacção em prossecução.

Por outro lado, optou-se também pela não classificação dos PIs partilhados entre HCIs que se desenvolvem entre pares de agentes distintos. De facto, é possível perspectivar que um PI desenvolvido por um determinado agente (AH ou AI), no âmbito de uma primeira HCI, possa promover a aquisição de conteúdo informativo por parte de mais do que um outro agente, tendo como consequência o desencadear de uma segunda HCI. No entanto, o

facto de esta nova HCI se desenvolver entre pares de agentes distintos (apenas partilham um dos agentes) promove a imediata individualização conceptual dos PIs, não se justificando a sua classificação. De um modo ainda mais óbvio, não possui qualquer relevância a classificação de PIs de diferentes HCIs desenvolvidas entre pares de agentes completamente distintos (AHs diferentes e AIs diferentes).

Por fim, é de recordar o entendimento de que dois agentes em interacção podem estabelecer diferentes objectivos para uma, aparentemente, mesma HCI. Recorde-se ainda que o agente emissor de PIs não é obrigatoriamente o agente que define os objectivos de interacção, estando esta possibilidade condicionada pela arquitectura de controlo (*system-initiative dialogue style*, *mixed-initiative dialogue style* ou *human-initiative dialogue style*).

Por definição, adoptou-se anteriormente o entendimento de que quando os dois agentes estabelecem objectivos específicos de interacção e estes são diferentes (independentemente de serem complementares ou não) nos encontramos perante duas HCIs distintas que, por acaso, partilham (total ou parcialmente) os vários PIs. Neste contexto, os PIs de uma HCI também correspondem a PIs de outra HCI e os PIRs de uma correspondem a PIRs de outra, ao contrário do contexto já descrito em que o PIR de uma delas (PIR de Continuidade) se assume como PII da outra (PII de Continuidade).

Saliente-se, no entanto, que não se encontra relevância na classificação relacional externa de PIs funcionalmente comuns às HCIs sobrepostas, uma vez que estas decorrem de modo conceptualmente individualizável em função dos seus objectivos de interacção. A complexidade do actual contexto de análise é, no entanto, superior e advém da necessidade de se perspectivarem e conhecerem os objectivos de interacção estabelecidos por cada um dos agentes, que nem sempre poderão ser óbvios ou estar expressos de modo objectivo.

2. CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS INTERACTIVOS QUANTO À RELAÇÃO QUE ESTABELECEM INTERNAMENTE

Caracterizou-se, anteriormente, a HCI como constituída por PIs e PIRs que visam o cumprimento dos objectivos de pelo menos um dos seus agentes. Procedeu-se, posteriormente, à

classificação fina dos PIs de uma HCI, em termos do papel externo que assumem perante os PIs das demais HCIs desenvolvidas entre os mesmos agentes.

Procede-se agora à distinção entre o desenvolvimento de um único Par Conjugado de Processos Interactivos (PCPI) que assegura imediatamente o cumprimento dos objectivos de interacção e uma sequência de dois ou mais PCPIs cumulativamente necessários a esse cumprimento.

De facto, existem HCIs em que apenas o desenvolvimento sequencial e dependente de dois ou mais PCPIs possibilita o cumprimento dos objectivos de interacção. Trata-se de uma análise não concretizada na literatura da especialidade consultada.

A única análise à possibilidade de conjuntos de "solicitações + respostas" promoverem a prossecução de um objectivo único comum de HCI é apresentada por Nigay (1994), que distingue o conceito de tarefa elementar do de conjuntos de tarefas. Nigay (Idem) define tarefa elementar como aquela que promove a prossecução dos objectivos de interacção no contexto da emissão de um único comando, distinguindo-a de um conjunto de tarefas que, integradas funcionalmente, promovem a execução de um objectivo comum global (e.g. o conjunto de comandos associados à vigilância de instalações por um robô de segurança podem envolver a agregação de especificações o percurso e as tarefas a executar). No entanto, este conceito de conjunto de tarefas integra instruções complexas emitidas em conjunto num único PII e não a um conjunto de instruções sequenciais (vários PIIs) que estejam dependentes de respostas (PIRs) prévias, pelo que corresponde a uma HCI constituída por apenas um PCPI.

A literatura consultada também não perspectiva uma eventual distinção analítica e classificativa entre a emissão de um comando único episódico (e.g. quando um AH carrega na tecla "c" no âmbito da utilização de um interface de texto, sendo correspondido pelo AI através da apresentação no monitor da letra "c" ao nível da linha de comandos) e a emissão de um comando único estruturado (e.g. quando um AH carrega sequencialmente nas teclas "c", "d", "space", "d", ":" e "enter" no âmbito da utilização de um interface de texto, sendo correspondido pelo AI através da mudança de directoria e sua apresentação no monitor ao nível da linha de comandos).

No âmbito da presente tese, adopta-se o entendimento de que a classificação de PII decorre do objectivo de interacção subjacente à acção do agente que a definiu. Deste modo, o primeiro exemplo (o de comando único episódico) apenas será considerado PII se o objectivo de interacção se esgotar na sua emissão (i.e., será PII se o AH tiver como objectivo único que o

AI apresente a letra "c" ao nível da linha de comandos, caso contrário considera-se que se trata de um Fragmento de Processo Interactivo (FPI), estando o PII em vias de se concluir através do desenvolvimento de mais FPIs).

Por outro lado, o segundo exemplo apenas será PII após o AH carregar na tecla "enter", uma vez que o seu objectivo de interacção seria o de mudar de directoria e este objectivo apenas se efectiva após ele carregar no conjunto de teclas associadas à expressão desse comando (vários FPIs). Corresponde a um único PCPI.

Não se encontra também academicamente formalizada uma distinção entre a emissão de um comando único estruturado (e.g. quando um AH carrega sequencialmente nas tecla "c", "d", "space", "d", ":" e "enter" no âmbito da utilização de um interface de texto, sendo correspondido pelo AI através da mudança de directoria e sua expressão visual no monitor ao nível da linha de comandos), aqui definido como um único PCPI, e a emissão de conjuntos de comandos autónomos no contexto do recurso à(s) mesma(s) MIs (e.g. quando um AH carrega sequencialmente nas tecla "c", "d", "space", "d", ":", "space", "e", "n", "t", "e" e "r" no âmbito da concepção de um manual de informática através da utilização de um processador de texto, sendo correspondido pelo AI através da sua apresentação no monitor ao nível de um parágrafo de texto).

Neste último exemplo, temos uma sequência de vários PIIs a serem desenvolvidos, alguns constituídos por mais do que um FPI. De facto, é possível definir como PII o conjunto de comandos que correspondem a carregar nas teclas "c" e "d" (possuem o significado de "muda a directoria"), assim como serão PIIs individualizáveis o carregar na tecla "space", ou o conjunto de comandos que correspondem a carregar nas teclas "d" e ":" (possuem significado de "a directoria d") ou, ainda, o conjunto de comandos que corresponde a carregar nas teclas "e", "n", "t", "e" e "r" (juntos, estes FPIs possuem o significado de "executa o comando introduzido"). Assim teremos uma sequência de PIIs (e consequentes PIRs) a serem desenvolvidos com vista à prossecução de um único objectivo de interacção (i.e. que estamos perante uma única HCI desenvolvida através de mais do que um PCPI).

Refira-se ainda o entendimento de que, na utilização de um processador de texto, não é PI a introdução de uma letra através do teclado a menos que a essa única letra corresponda um significado para o AH que a introduziu. Se fizer parte de uma palavra, o PII corresponderá à

introdução do total de letras que a constituem, estando em desenvolvimento aquando da introdução de cada uma destas e concluído pela introdução da última. O mesmo se pode dizer de um comando oral, emitido por um AH para um AI, como "despeja o lixo". Este comando é definido como um único PII que contém vários FPIs expressos através de inflexões e variações ao nível da frequência e amplitude dos sons oralizados e de pausas intermédias, uma vez que o seu objectivo de interacção é apenas promovido pela sua verbalização total.

Por outro lado, um PII Multimodal que envolva o apontar para um ficheiro no ambiente de trabalho (MI Háptica) e um comando oral como "apaga este ficheiro" (MI Auditiva) possui FPIs ao nível de diferentes MIs, constituindo-se como PII através da sua integração. A natureza da presente tese, com a opção pelo não desenvolvimento de uma taxonomia das modalidades sensoriais, impossibilita o aprofundamento deste tópico.

Por fim, verifique-se que a definição de PI adoptada e neste ponto desenvolvida perspectiva o desenvolvimento de Fragmentos de PIR (FPIRs) enquanto se desenvolvem os Fragmentos de PII (FPIIs). No exemplo descrito, as várias letras de uma palavra são apresentadas pelo AI no monitor enquanto estas são introduzidas pelo AH, pelo que o PIR se vai desenvolvendo durante o desenvolvimento do PII.

Como se referiu, a análise académica à ocorrência de HCIs que recorrem a mais do que um PCPI não se encontra desenvolvida pelo que se promove de seguida. É possível a concepção de contextos de análise distintos relativos à ocorrência de mais de um PCPI:

- um contexto de total independência entre PCPIs desenvolvidos entre dois agentes, integrando cada um deles uma diferente HCI e, assim, desenvolvendo os objectivos específicos de cada uma delas;
- um contexto em que se verifique uma total dependência entre o desenvolvimento de PCPIs e a sua necessária sequência, integrando todos a mesma HCI e promovendo conjuntamente o cumprimento dos seus objectivos.

Neste último caso, verifica-se existir uma clara interdependência construtiva entre os vários PCPIs enquanto que, no primeiro, os objectivos das várias HCIs desenvolvidas poderiam ser cumpridos de modo autónomo (inclusive no tempo). Esta interdependência possui um carácter conceptual mais aprofundado do que o simples encadeamento reaccional abor-

dado no sistema de classificação de carácter externo, apresentado anteriormente. Pode-se, então, adoptar uma terminologia de classificação para os PIIs (Quadro 6), em termos de interdependência interna no âmbito de uma mesma HCI, com uma estrutura análoga à utilizada no sistema de classificação anterior.

Quadro 6. Classificação processos interactivos quanto à sua relação interna

1. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo — *classe caracterizada anteriormente.*

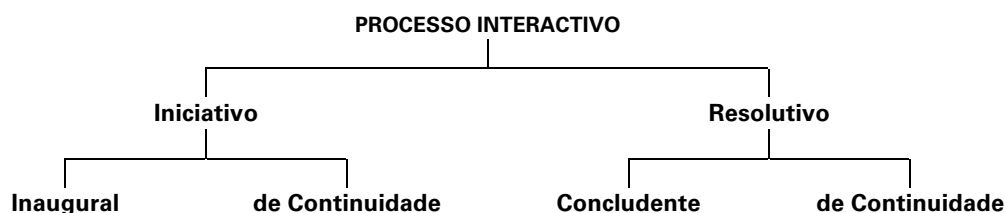
1.A. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo Inaugural — desencadeia uma HCI.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo de Continuidade — é desenvolvido após a ocorrência de um PIR que não possibilita o imediato cumprimento dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu, dando continuidade à HCI que se encontrava em curso.

2. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo Concludente — conclui uma HCI, possibilitando o cumprimento imediato dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo de Continuidade — responde a um PII mas que não possibilita o imediato cumprimento dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu, pressupondo a continuidade da HCI em curso através de um PII de Continuidade.

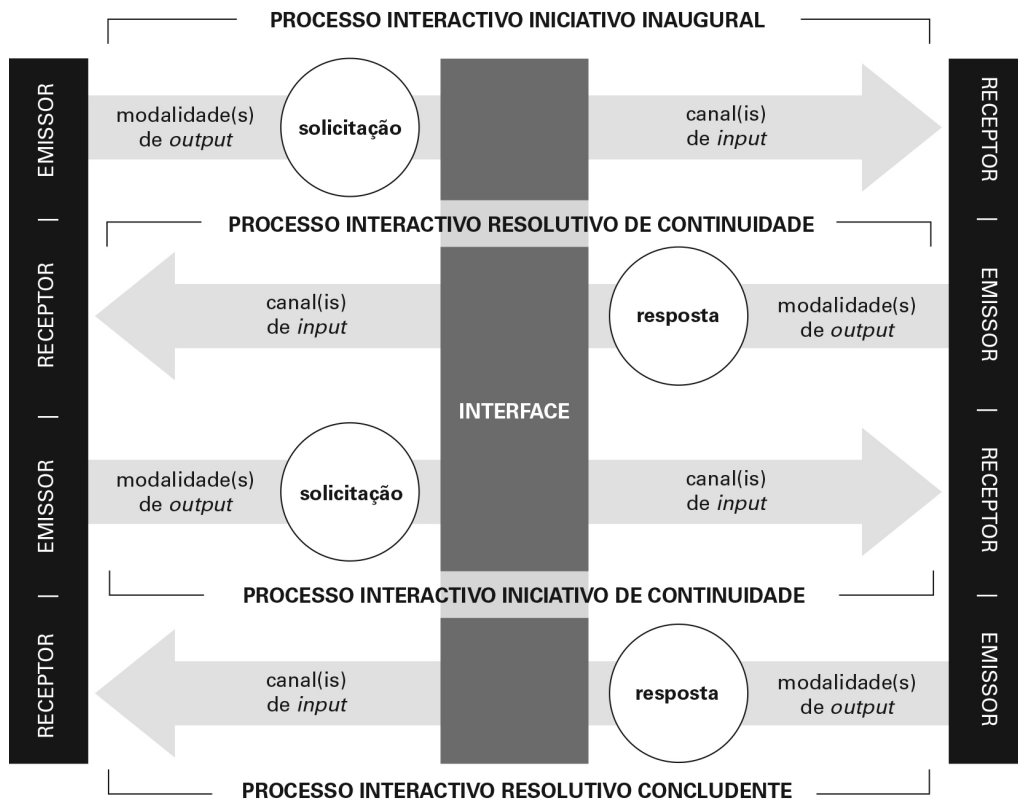


Também aqui se entende justificável a apresentação de um modelo (Fig. 10) que, subordinado ao modelo geral da HCI adoptado, revele os processos subjacentes às relações que se podem estabelecer entre PIs de uma mesma HCI.

A título de exemplo, um AH clica no botão direito do rato sobre um ícone no *desktop* de um sistema operativo apenas para saber quais são as opções de comando para aplicar ao

ficheiro. O simples desenvolvimento dessa acção (PII) assegura a imediata apresentação do *menu* de opções disponíveis (PIR). Teremos assim uma HCI constituída por um único PCPI.

Figura 9. Proposta de modelo de relação interna entre processos interactivos



Considere-se, por outro lado, um AH que coloca no *lixo* um ficheiro que se encontra no ambiente de trabalho. Para desenvolver esta acção clica sobre o seu ícone com o botão direito do rato (PII), sendo-lhe de seguida apresentado o *menu* de opções (PIR). De seguida, selecciona a opção "enviar para o lixo" com o botão esquerdo do rato (PII) e o ficheiro é movido para o *lixo* (PIR). Deste modo, o cumprimento dos objectivos de interacção do AH só é assegurado através do desenvolvimento de dois PCPIs (seriam, pelo menos, três se, por exemplo, o AH desejasse apagar o ficheiro do disco rígido e não apenas colocá-lo no *lixo*).

Atente-se que o clicar do botão direito do rato sobre o ícone do ficheiro é um PII por definição e não um simples FPII. Esse clicar possui o significado individualizável de "mostra-me

as opções que posso executar sobre este ficheiro", sendo correspondido através de um PIR. O clicar do botão esquerdo do rato sobre a opção desejada supõe análise idêntica.

No âmbito do exemplo descrito e no contexto de classificação de carácter interno, cada um dos agentes envolvidos conserva o seus papéis estritos de emissor de PIIs/receptor de PIRs (o AH ou o AI) e de emissor de PIRs/receptor de PIIs (o outro agente da HCI).

Por outro lado, no anterior contexto de classificação, de carácter externo, os papéis assumidos pelos dois agentes envolvidos alternam entre o papel simultâneo de emissor e de receptor de cada uma das classes-base de PIs. Isto é, um dos agentes envolvidos assume simultaneamente o papel de emissor de PIIs (relativamente à primeira HCI desenvolvida) e de receptor de PIRs (relativamente à segunda). Por sua vez, a contraparte assume o papel simultâneo de emissor de PIRs (na primeira HCI) e de receptor de PIIs (na segunda).

Uma análise atenta aos dois contextos de classificação abordados (interno e externo), facilitada pelas suas representações gráficas (figuras 9 e 8, respectivamente), permite identificar de modo adequado as diferenças e correspondências verificadas entre estes.

Constata-se assim, que a aplicação conjugada das propostas de sistemas de classificação interna e externa, ao nível da relação existente entre os vários PIs, permite concluir que um PII Primordial (classificação de âmbito externo) será forçosamente um PII Inaugural (classificação de âmbito interno) se estivermos no contexto de uma HCI que necessita do desenvolvimento de mais do que um PCPI para cumprir os objectivos de interacção subjacentes.

Uma relação inversa equivalente não poderá, no entanto, ser estabelecida uma vez que um PII Inaugural não será necessariamente um PII Primordial, podendo em alternativa assumir-se como PII de Resolução.

Pode aplicar-se uma análise equivalente em relação ao Processo Interactivo Resolutivo Terminal (resultante da classificação externa de relações), que será forçosamente um Processo Interactivo Resolutivo Concludente (resultante da classificação interna de relações), enquanto que um PIR Concludente não será necessariamente um PIR Terminal, podendo em alternativa ser um PIR de Iniciação.

Constata-se que o PII de Continuidade e o PIR de Continuidade (ambos resultantes da classificação interna de relações) não encontram qualquer paralelo de carácter relacional nas classificações externas de relações, sendo estes conceitos intrínsecos a uma HCI constituída por mais

do que um PCPI.

A aplicação da proposta de sistema de classificação apresentada possui relevância no contexto de HCIs que necessitam do desenvolvimento de mais do que um PCPI. De facto, apesar de, no caso de uma HCI constituída por apenas um PCPI, o PII possuir um carácter necessariamente inaugural e o PIR possuir um carácter necessariamente concludente, esta atomização classificativa perde qualquer relevância na ausência de PIIs e PIRs de Continuidade.

Por fim, saliente-se que a aplicação conjugada das propostas de sistemas de classificação de relações externas e de relações internas, entre os vários PIs desenvolvidos, permite ainda a análise de HCIs sucessivamente mais complexas (com cada vez mais PCPIs).

Assim, poder-se-ão articular em contextos onde se verifica uma sucessão de HCIs com um encadeamento reaccional entre si (classificação de carácter externo) e em que uma ou mais possua uma interdependência interna construtiva ao nível dos seus PCPIs (Quadro 7).

Quadro 7. Exemplo de dinâmica de processos interactivos em interdependência externa e interna

HCI A		HCI B	
Carácter Interno dos Processos Interactivos	Carácter Externo dos Processos Interactivos	Carácter Externo dos Processos Interactivos	Carácter Interno dos Processos Interactivos
Processo Interactivo Inicial	—	—	—
Processo Interactivo Resolutivo de Continuidade	Processo Interactivo Resolutivo de Iniciação	Processo Interactivo Inicial de Resolução	Processo Interactivo Inicial (especificar-se-ia em Inicial se existisse mais do que um par conjugado de processos interactivos)
—	—	—	Processo Interactivo Resolutivo (especificar-se-ia em Concludente se existisse mais do que um par conjugado de processos interactivos)
Processo Interactivo Inicial de Continuidade	—	—	—
Processo Interactivo Resolutivo Terminal	—	—	—

O facto de um PIR de uma HCI assumir o papel simultâneo de PII de uma outra não implica que a primeira se veja imediatamente encerrada (um PIR Terminal). Esta poderá, em alternativa, ficar suspensa temporariamente (seria um PIR de Continuidade) existindo a possibilidade de vir a ser concluída após o término da outra HCI ou, ainda, durante o desenvolvimento desta (o que implicaria também a sua suspensão temporária).

3. CLASSIFICAÇÃO DE INTERACÇÕES QUANTO AO NÚMERO E DEFINIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE PARES CONJUGADOS DE PROCESSOS INTERACTIVOS DESENVOLVIDOS

Sucedese, agora, à classificação de HCIs em função do número de Pares Conjugados de Processos Interactivos (PCPIs) que é necessário desenvolver para assegurar o cumprimento dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu. Trata-se de uma análise que surge na sequência do entendimento de que uma HCI não é necessariamente constituída por apenas um PII e um PIR (por definição, um PCPI).

De facto, tem-se vindo a referir ao longo da tese que o desenvolvimento de apenas um PCPI nem sempre é suficiente para a prossecução dos objectivos de interacção. É de salientar que não foi encontrada qualquer abordagem, na consulta à literatura da especialidade, a esta dimensão de classificação.

Justifica-se, assim, a necessidade conceptual de distinguir função e objectivo, no desenvolvimento de HCIs. O primeiro conceito encontra-se associado a um PI específico (que integra um PCPI de uma HCI), enquanto que o segundo é o corolário do desenvolvimento global de uma HCI (que poderá integrar mais do que um PCPI). Assim, enquanto que cada PI possui uma função concreta no âmbito do desenvolvimento de um determinado PCPI, cada HCI (integre ela um ou mais PCPIs) visa o cumprimento de um ou mais objectivos de interacção.

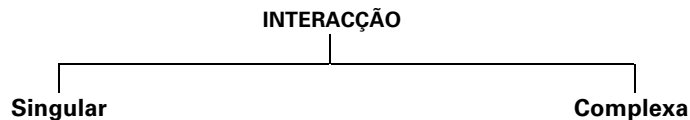
Retome-se o exemplo apresentado nos pontos anteriores deste capítulo: quando um AH desencadeia uma interacção com um AI com vista a enviar um ficheiro do *desktop* para o *lixo*, tanto o PII (clicar com o botão direito sobre o ícone) como o PIR (apresentação das opções de acção) cumprem funções internas. Por sua vez, o PCPI associado à selecção da acção a executar sobre o ficheiro e a sua consequente remoção para o *lixo*, cumpre outras funções internas.

Apenas através do cumprimento de todas estas funções internas se assegura o cumprimento dos objectivos gerais da HCI.

Atente-se que a proposta de sistema de classificação apresentada (Quadro 8.1.) não se circunscreve ao domínio exclusivo da multimodalidade, podendo ser igualmente aplicada na análise de HCIs Unimodais. Assume, no entanto, particular relevância para o desenvolvimento de outras propostas de sistemas de classificação a apresentar mais adiante, nomeadamente quanto ao modo como PIs Unimodais e PIs Multimodais se articulam entre si arquitectando o carácter modal global de uma HCI.

Quadro 8.1. Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção (i)

1. **INTERACÇÃO Singular** — os objectivos de interacção ocorrem através do desenvolvimento de apenas um PCPI.
2. **INTERACÇÃO Complexa** — os objectivos de interacção ocorrem através do desenvolvimento de dois ou mais PCPIs.



Propõe-se ainda (Quadro 8.2) que este sistema de classificação integre, a um nível mais fino, a distinção entre:

- uma sequência de PCPIs desenvolvidos com base num plano prévio para a sua execução (que se classificará de Interacção Complexa Direcctionada);
- uma sequência de PCPIs desenvolvidos com base num plano que vai sendo construído ao longo da evolução de uma HCI (que se classificará de Interacção Complexa Construída).

Trata-se de um nível de distinção intrinsecamente associado ao carácter complexo de uma HCI que recorre a dois ou mais PCPIs de modo a cumprir os seus objectivos.

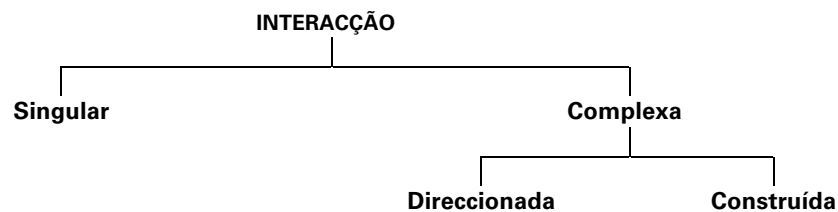
Quadro 8.2. Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção (ii)

1. **INTERACÇÃO Singular** — *classe caracterizada anteriormente.*

2. **INTERACÇÃO Complexa** — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. **INTERACÇÃO Complexa Direccionada** — implementada com base num plano de desenvolvimento pré-definido que terá de ser seguido sequencialmente de modo a assegurar a prossecução dos objectivos de interacção.

2.B. **INTERACÇÃO Complexa Construída** — implementada com base num plano de desenvolvimento cuja sequência e definição não se encontra estabelecida previamente, sendo definido passo-a-passo ao longo da HCI, de modo a assegurar a prossecução dos objectivos de interacção.



Ressalve-se que, um tal plano de desenvolvimento, seja ele direccionado ou construído, integra, por exemplo, a definição do número e natureza sensorial das MIs a adoptar, assim como das opções de PIs disponíveis por parte de cada um dos agentes da HCI.

Por outro lado, encontra-se ainda associada a este contexto de análise a necessidade de identificar a responsabilidade pela definição do referido plano de desenvolvimento.

Por exemplo, podemos estar perante um AI que conduz a HCI através de uma sucessão de questões à qual um AH terá de responder: "Que aplicação deseja utilizar?", "Qual o comando que quer executar?", etc.. Neste caso, o controlo do desenvolvimento da HCI é do AI apesar de serem os objectivos de interacção do AH que se encontram em desenvolvimento.

De acordo com a defesa apresentada anteriormente, os objectivos de interacção podem ser estabelecidos pelo agente emissor dos PIIs, pelo seu receptor ou por ambos os agentes da HCI. No entanto, no presente ponto de análise, importa imputar a responsabilidade pela definição do plano de desenvolvimento (Quadro 8.3), podendo esta ser do agente emissor dos PIIs (Primária), do seu receptor (Secundária) ou de ambos (Partilhada).

Quadro 8.3. Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção (iii)

1. **INTERACÇÃO Singular** — *classe caracterizada anteriormente.*

2. **INTERACÇÃO Complexa** — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. **INTERACÇÃO Complexa Direccionada** — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1. **INTERACÇÃO Complexa Direccionada Primária** — o plano de desenvolvimento foi estabelecido pelo emissor dos PIs.

2.A.2. **INTERACÇÃO Complexa Direccionada Secundária** — o plano de desenvolvimento foi estabelecido pelo receptor dos PIs.

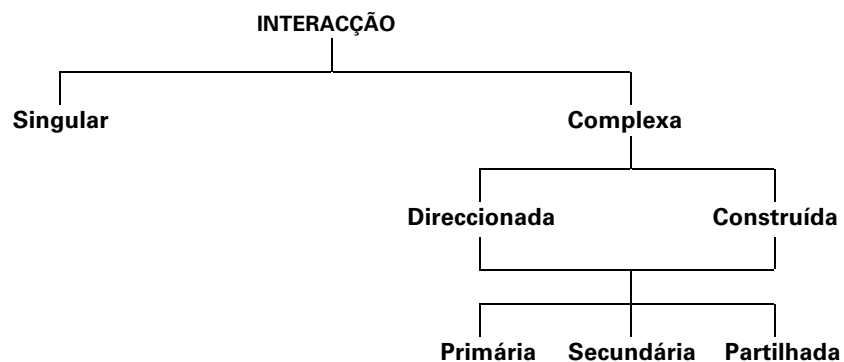
2.A.3. **INTERACÇÃO Complexa Direccionada Partilhada** — o plano de desenvolvimento foi estabelecido conjuntamente pelo emissor e pelo receptor do PIs.

2.B. **INTERACÇÃO Complexa Construída** — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B.1. **INTERACÇÃO Complexa Construída Primária** — o plano de desenvolvimento vai sendo estabelecido pelo emissor do PIs.

2.B.2. **INTERACÇÃO Complexa Construída Secundária** — o plano de desenvolvimento vai sendo estabelecido pelo receptor do PIs.

2.B.3. **INTERACÇÃO Complexa Construída Partilhada** — o plano de desenvolvimento vai sendo estabelecido conjuntamente pelo emissor e pelo receptor do PIs.



SÍNTESE CONCLUSIVA

O universo da HCI é caracterizado por uma diversidade funcional que abarca a possibilidade do desenvolvimento de diferentes interacções que, apesar de prosseguirem objectivos distintos, podem partilhar PIs entre si.

De facto, existe um conjunto relevante de HCIs que ocorrem, no nosso dia-a-dia, de modo sequencial através de um encadeamento reactivo.

O PII que integra uma interacção encontra-se, muitas vezes, subjugado à prévia emissão de um PIR que pertence a outra HCI previamente desenvolvida.

Assim, um PII pode ser Primordial, se integrar apenas a HCI em análise, assegurando a produção de uma solicitação. Se promover simultaneamente a produção de uma resposta no âmbito de outra HCI desenvolvida previamente, será classificado de PII de Resolução.

Por sua vez, um PIR pode ser Terminal se produzir uma resposta e não desencadear simultaneamente uma solicitação, dando origem a outra HCI. Se tal ocorresse, seria classificado de PIR de Iniciação.

Este sistema de classificação debruça-se sobre o âmbito relacional externo entre PIs desenvolvidos entre os mesmos agentes. Por outro lado, também pode ser classificado o âmbito relacional interno de PIs.

Uma HCI pode ser constituída por apenas um PCPI que cumpre os seus objectivos de interacção, sendo os demais PCPIs desenvolvidos entre as partes pertencentes a outras HCIs. Por outro lado, uma HCI pode necessitar de mais do que um PCPI para a prossecução das funções (objectivos parciais) que contribuem, cumulativamente, para o cumprimento dos objectivos globais da interacção.

No primeiro caso, verifica-se uma dependência entre PCPIs e sequência entre estes, enquanto que no segundo, se verifica uma interdependência construtiva entre os vários PCPIs.

Deste modo, um PII será Inaugural se for o primeiro PII que integra uma HCI (inclui o primeiro PCPI desta), sendo classificado como PII de Continuidade se, pelo contrário, pertencer a um subsequente PCPI.

Por sua vez, um PIR será Concludente se possibilitar o imediato cumprimento dos objectivos de interacção, sendo classificado como PIR de Continuidade se a sua implementação

não o fizer, justificando-se ainda o desenvolvimento de pelo menos mais um PCPI para assegurar o cumprimento dos objectivos da HCI.

Justifica-se, deste modo, a distinção entre uma HCI que integre mais do que um PCPI — denominada de Interação Complexa — de uma HCI em que os seus objectivos de interação são cumpridos através de apenas um PCPI — denominada de Interação Singular.

A Interação Complexa pode ainda caracterizar-se pela implementação de um plano de desenvolvimento de PIs pré-definido (Interação Complexa Direccionada) ou através de um processo exploratório concebido passo-a-passo (Interação Complexa Construída).

Por fim, é necessário identificar o responsável pela concepção (seja ela Direccionada ou Construída) do plano de desenvolvimento da HCI, perspectivando-se a possibilidade de ser atribuída ao agente emissor do PII Inaugural, à sua contraparte ou a ambos, quando existem circunstâncias que justifiquem a partilha dessa responsabilidade.

A ausência de abordagem académica a estas dimensões remete as propostas de sistemas de classificação apresentadas para uma análise e reflexão de carácter autoral exploratório.

Capítulo 4

UNIMODALIDADE E MULTIMODALIDADE

NOTA INTRODUTÓRIA

A abordagem ao conceito de interacção multimodal carece de uma análise que esclareça a forma como a multimodalidade se integra no desenvolvimento das interacções. Trata-se de um conceito impreciso que pode incluir: HCIs em que todos os PIs desenvolvidos têm carácter multimodal; ou HCIs em que uma parte dos PIs desenvolvidos tem carácter multimodal e os demais carácter unimodal.

Se, por um lado, o contexto de desenvolvimento de Interacções Singulares não apresenta complexidade analítica revelando poucas possibilidades de articulação entre PIs quanto ao seu carácter modal, a abordagem ao contexto de desenvolvimento de Interacções Complexas revela uma elevada diversidade.

Este capítulo dedica-se, assim, à classificação do carácter modal de uma HCI e à identificação das variáveis relevantes que integram essa interacção.

No âmbito da classificação de Interacções Singulares, verificar-se-á que a sua simplicidade promove a caracterização de apenas quatro possibilidades de articulação modal. No contexto das Interacções Complexas, o carácter é mais diversificado e, por esse motivo, a caracterização implicará identificar e reconhecer padrões de implementação (quando existentes) que atestam similitudes e variações reproduzíveis.

De seguida, aborda-se o modo como as MIs são seleccionadas. Analisam-se e classificam-se contextos em que as MIs são as únicas passíveis de serem utilizadas, contextos em que estas podem ser seleccionadas de entre um conjunto de possibilidades e contextos de carácter híbrido, nomeadamente no caso de PIs Multimodais.

Este sistema de classificação será ainda desenvolvido de modo granular com vista a incluir a identificação do agente responsável pela selecção das MIs e a origem dessa imputação de responsabilidade.

Reconhece-se, também, a importância de integrar a análise do desenvolvimento de MIs Multidimensionais. A sua classificação ocorrerá de modo similar ao desenvolvido para a "classificação de PIs quanto ao contexto de selecção da(s) modalidade(s) de interacção" (ver ponto 3 do capítulo 4).

Of the parts of animals some are simple: to wit, all such as divide into parts uniform with themselves, as flesh into flesh; others are composite, such as divide into parts not uniform with themselves, as, for instance, the hand does not divide into hands nor the face into faces. And of such as these, some are called not parts merely, but limbs or members. Such are those parts that, while entire in themselves, have within themselves other diverse parts: as for instance, the head, foot, hand, the arm as a whole, the chest; for these are all in themselves entire parts, and there are other diverse parts belonging to them.

Aristóteles (Século IV a.C.)

1. CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS INTERACTIVOS QUANTO AO NÚMERO DE MODALIDADES DE INTERACÇÃO UTILIZADAS

A necessidade de abordar primeiro a classificação de PIs no âmbito da unimodalidade e da multimodalidade, antes de se proceder à classificação de HCIs, resulta do entendimento de que a adopção de um conceito não decomposto de *interacção multimodal homem-computador* padece de fragilidades que não serão reiteradas se, *à priori*, se proceder a análise atomizada dos seus PIs.

Trata-se de um conceito excessivamente impreciso que não permite uma clara explicitação das características e do(s) momento(s) de desenvolvimento da HCI em que o carácter de multimodalidade se verifica. Ou seja, se ocorre ao nível do transporte da solicitação, do transporte da resposta ou do transporte de ambos. Por exemplo, algumas Interações Singulares de carácter multimodal poderão ser constituídas de formas diferentes, nomeadamente no que respeita ao desenvolvimento de: um PII Multimodal e de um PIR Unimodal; um PII Unimodal e de um PIR Multimodal; um PII Multimodal e um PIR Multimodal.

Será legítimo afirmar que se verifica, em cada um dos diferentes contextos de interacção descritos, um carácter multimodal mas a imprecisão desta classificação impede a adequada compreensão das diferenças presentes no seu desenvolvimento.

Por outro lado, concebendo-se a existência de HCIs constituídas por mais de um PCPI, torna-se ainda mais pertinente a necessidade de clarificar o carácter unimodal ou multimodal de cada um dos vários PIs (PIIs e PIRs) que as possam constituir.

Efectivamente, o universo das Interações Complexas apresenta um potencial de ambiguidade superior, devendo ser evitadas classificações vagas.

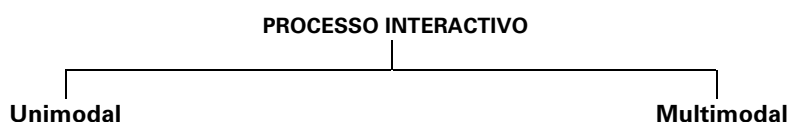
O conceito de HCI Multimodal (assim como o de Interface Multimodal) é frequentemente utilizado de maneira imprecisa, remetendo muitas vezes para o modo como o AH comunica, menosprezando o carácter dos PIs desenvolvidos pelo AI (e.g. Sharma *et al*, 1998; Sinha e Landay, 2002; Zenka e Slavík, 2004; Sturm, 2005; Bourguet, 2009; Yu e Deng, 2009; Moser e Melliard-Smith, 2009).

Neste projecto de investigação considera-se que apenas através da prévia classificação dos PIs envolvidos numa HCI (Quadro 9), se podem estabelecer bases analíticas sólidas para a sua classificação.

Não se compreende a ausência de abordagem analítica relevante na literatura da especialidade. Esta ausência impossibilita a apresentação de estado da arte.

Quadro 9. Classificação de um processo interactivo quanto ao número de modalidades de interacção

1. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal** — recorre a apenas uma MI.
2. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal** — recorre a duas ou mais MIs.



2. CLASSIFICAÇÃO DE INTERACÇÕES HOMEM-COMPUTADOR QUANTO ÀS MODALIDADES DE INTERACÇÃO UTILIZADAS NOS SEUS PROCESSOS INTERACTIVOS

Estando apresentada a distinção básica entre PIs Unimodais e PIs Multimodais, justifica-se agora a abordagem à classificação da HCI quanto ao número de MIs utilizadas no desenvolvimento dos vários PIs que a constituem. Recorde-se, a este propósito, o entendimento de que uma HCI é um processo elaborado que integra pelo menos um PCPI (um PII e o consequente PIR), podendo estes adoptar um carácter modal igual ou variável.

2.1. Número de modalidades de interacção utilizadas nos seus processos interactivos

Como foi referido, o número de PCPIs que é necessário desenvolver no decurso de uma HCI depende da sua capacidade em assegurar (individual ou colectivamente) o cumprimento do(s) objectivo(s) de interacção. Deste modo, poderemos assistir a Interacções Singulares (que integram apenas um PCPI) ou a Interacções Complexas (que integram mais do que um PCPI). As classes possíveis de Interacção Singular (Quadro 10.1), classificadas de acordo com o carácter modal do PII e do PIR que a integra, correspondem a duas classes de interacção, definidas de puras (em que o PII e o PIR partilham o mesmo carácter modal) e duas classes de interacção híbridas (em que o PII e o PIR possuem carácter modal distinto).

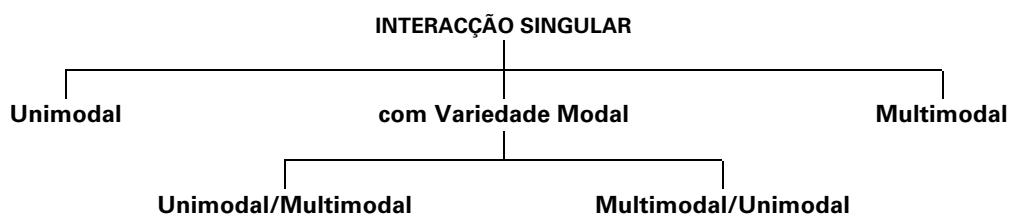
Quadro 10.1. Grelha de emparelhamento da profusão de modalidades de interacção ao nível dos processo interactivos de uma interacção singular

	PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo Unimodal	PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo Multimodal
PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo Unimodal	Interacção Unimodal	Interacção com Variedade Modal (Multimodal/Unimodal)
PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo Multimodal	Interacção com Variedade Modal (Unimodal/Multimodal)	Interacção Multimodal

Como se pode observar, a grelha de emparelhamento de PIs revela as quatro possibilidades de articulação que se podem alcançar. Em baixo, apresenta-se uma descrição estruturada destas mesmas tipologias (Quadro 10.2).

Quadro 10.2. Classificação de uma interacção singular quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos

1. **INTERACÇÃO SINGULAR Unimodal** — tanto o PII como o PIR possuem carácter unimodal.
2. **INTERACÇÃO SINGULAR com Variedade Modal** — uma das classes de PI (o PII ou o PIR) desenvolvida possui carácter unimodal e a outra possui carácter multimodal.
 - 2.A. **INTERACÇÃO SINGULAR com Variedade Modal Unimodal/Multimodal** — o PII possui carácter unimodal; o PIR possui carácter multimodal.
 - 2.B. **INTERACÇÃO SINGULAR com Variedade Modal Multimodal/Unimodal** — o PII possui carácter multimodal; o PIR possui carácter unimodal.
3. **INTERACÇÃO SINGULAR Multimodal** — tanto o PII como o PIR possuem carácter multimodal.



Se, por um lado, o sistema de classificação de Interações Singulares apenas envolve o desenvolvimento de dois PIs (um número muito restrito de possíveis articulações) o mesmo não se poderá dizer de um sistema de classificação que analise as Interações Complexas. De facto, estas implicam a ponderação de uma infinidade teórica de potenciais combinações sequenciais entre PIs, assim como entre PCPIs, o que proporciona uma elevada fragmentação classificativa.

Este facto não deve, no entanto, ser motivo de escusa para a sua abordagem, uma vez que é essencial o inventário das classes que se entendem relevantes para a compreensão do universo da

HCI de carácter complexo, tanto em termos de unimodalidade como de multimodalidade.

As referidas classes serão apresentadas de modo progressivo e detalhado de modo a facilitar a sua análise. Primeiro, apresenta-se a distinção básica das três classes de possível conjugação entre PIs e PIRs (Quadro 11.1), remetendo esta para as classes caracterizadas no âmbito da classificação de Interacções Singulares.

Quadro 11.1. Classificação de uma interacção complexa quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos (i)

1. **INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal** — tanto os PIs como os PIRs possuem carácter unimodal.
2. **INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal** — alguns dos PIs (PIs e/ou PIRs) possuem carácter unimodal e os demais possuem carácter multimodal.
3. **INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal** — tanto os PIs como os PIRs possuem carácter multimodal.



Este nível de classificação possibilita, como se viu a propósito das Interacções Singulares, um primeiro grau de distinção relevante: a concepção de interacções em que o carácter modal de todos os PIs desenvolvidos é comum (estes serão todos unimodais ou todos multimodais) e de interacções de carácter modal variável, articulando-se em o desenvolvimento de PIs Unimodais com o desenvolvimento de PIs Multimodais.

2.2. Conservação e alternância de modalidades de interacção

A classificação de uma Interacção Complexa com Variedade Modal passará necessariamente por um segundo nível de análise em que se inventariam os PIs que são unimodais e os que são multi-

modais (Quadro 11.2). Esta distinção implica um maior grau de granularidade, concebendo-se aqui as seguintes possibilidades de articulação:

1. Todos os PIs possuem o mesmo carácter modal (unimodal ou multimodal) ou, então, carácter modal variável.
2. Todos os PIRs possuem o mesmo carácter modal (unimodal ou multimodal) ou, então, carácter modal variável.
3. Cada PCPI possui o mesmo carácter modal interno (cada PCPI possui um PI Unimodal e um PIR Unimodal ou, então, cada PCPI possui um PI Multimodal e um PIR Multimodal) ou, então, cada PCPI possui uma variabilidade modal interna.

A ocorrência de carácter modal comum descrito por algoritmo adopta a classificação de Interação Complexa com Variedade Modal com Enquadramento, podendo ser Posicionado (carácter modal comum entre PIs e/ou entre PIRs) ou Conjugado (carácter modal comum entre PCPIs). A sua não ocorrência será classificada pela negativa: sem Enquadramento. Será ainda classificado o grau de enquadramento verificado — Total ou Parcial — particularizando-se o seu contexto modal — Unimodal ou Multimodal — e, quando parcial, da classe em que ocorre (PI ou PIR).

Quadro 11.2. Classificação de uma interação complexa quanto à profusão de modalidades de interação ao nível dos seus processos interactivos (ii)

1. **INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal** — *classe caracterizada anteriormente.*
2. **INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal** — *classe caracterizada anteriormente.*
 - 2.A. **INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento** — o modo como os PIs Unimodais e os PIs Multimodais alternam entre si encontra-se enquadrado por uma qualquer regra.
 - 2.A.1. **INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado** — os PIs Unimodais e os PIs Multimodais encontram-se posicionados especificamente em PIs e/ou PIRs.
 - 2.A.1.A. **INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total** — todos os PIs possuem o mesmo carácter modal entre si, o mesmo sucedendo com todos os PIRs.

2.A.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal — todos os PIs são unimodais; todos os PIRs são multimodais.

2.A.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal — todos os PIs são multimodais; todos os PIRs são unimodais.

2.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial — apenas uma das classes de PI (PIs ou PIRs) adopta sempre o mesmo carácter modal, ocorrendo a outra classe de PI de modo modal diversificado.

2.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo — os PIs adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs não adoptam todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal — os PIs são todos unimodais; os PIRs não adoptam todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal — os PIs são todos multimodais; os PIRs não adoptam todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo — os PIs não adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs possuem todos o mesmo carácter modal.

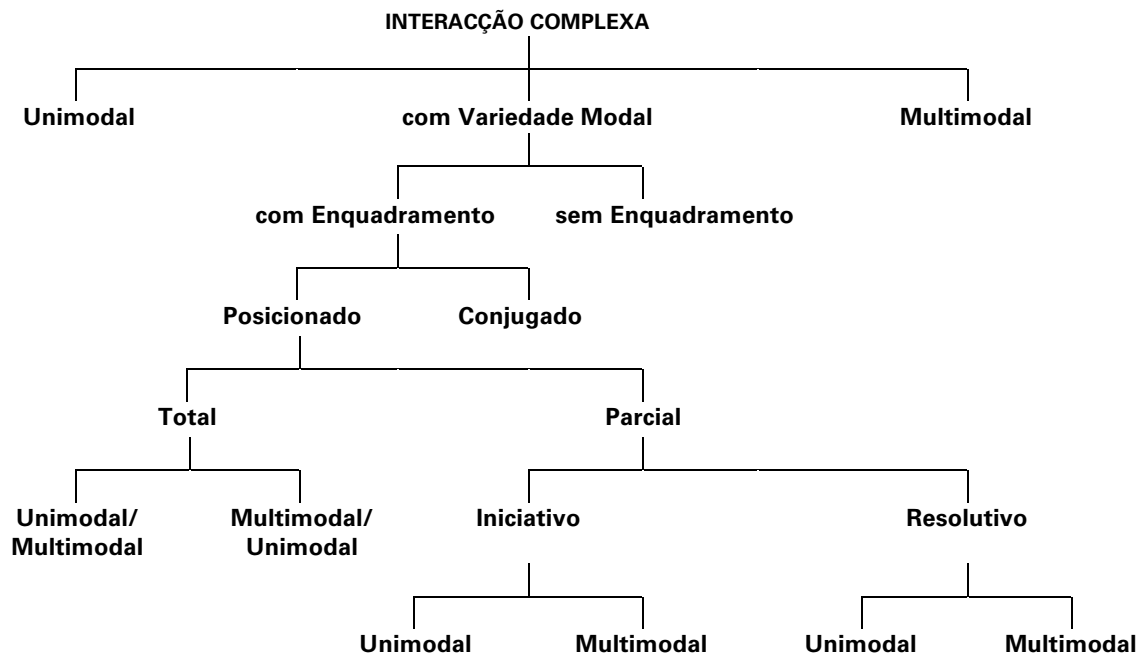
2.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal — os PIs não adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs são todos unimodais.

2.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal — os PIs não adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs são todos multimodais.

2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado — os dois PIs de cada PCPI possuem o mesmo carácter modal (unimodal ou multimodal), variando este entre os vários PCPIs.

2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento — a alternância entre PIs Unimodais e PIs Multimodais não se encontra enquadrada por uma qualquer regra.

C.3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal — *classe caracterizada anteriormente.*



Promove-se ainda uma caracterização sistematizada dos vários níveis finos de classificação. Para tal, recorre-se a um sistema de codificação que visa facilitar a análise e classificação de Interações Complexas, no âmbito da dimensão de classificação em análise, devendo a sua utilização decorrer de modo articulado com a descrição de classes e arborização hierárquica apresentadas.

Deste modo, identifica-se (Quadro 11.3) o carácter modal de cada PII (Unimodal — U_i ; Multimodal — M_i) e de cada PIR (Unimodal — U_r ; Multimodal — M_r) em cada um dos PCPIs desenvolvidos de uma HCI Complexa.

Quadro 11.3. Possibilidades de articulação de processos interactivos iniciativos e resolutivos ao nível da profusão das suas modalidades de interacção

1. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal	$n . (U_i ; U_r)$ Os PIs são todos unimodais, sejam eles PIs ou PIRs.
2.A.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal	$n . (U_i ; M_r)$ Os PIs são todos unimodais e os PIRs são todos multimodais.
2.A.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal	$n . (M_i ; U_r)$ Os PIs são todos unimodais e PIRs são todos multimodais.
2.A.1.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal	$n_1 . (U_i ; M_r) + n_2 . (U_i ; M_r)$ Os PIs são todos unimodais e os PIRs possuem um carácter variável (umas vezes unimodal e outras vezes multimodal).
2.A.1.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal	$n_1 . (M_i ; U_r) + n_2 . (M_i ; M_r)$ Os PIs são todos multimodais e os PIRs possuem um carácter variável (umas vezes unimodal e outras vezes multimodal).
2.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal	$n_1 . (U_i ; U_r) + n_2 . (M_i ; U_r)$ Os PIs possuem um carácter variável (umas vezes unimodal e outras vezes multimodal) e os PIRs são todos unimodais.
2.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal	$n_1 . (U_i ; M_r) + n_2 . (M_i ; M_r)$ Os PIs possuem um carácter variável (umas vezes unimodal e outras vezes multimodal) e os PIRs são todos multimodais.
2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado	$n_1 . (U_i ; U_r) + n_2 . (M_i ; M_r)$ O PII e o PIR de cada PCPI possuem o mesmo carácter (umas vezes unimodal e outras vezes multimodal), variando este carácter entre os vários PCPIs.
2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento	$n_1 . (U_i ; U_r) + n_2 . (U_i ; M_r) + n_3 . (M_i ; U_r) + n_4 . (M_i ; M_r)$ Os PIs possuem um carácter variável (umas vezes unimodal e outras vezes multimodal), assim como os PIRs.
3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal	$n . (M_i ; M_r)$ Os PIs são todos multimodais, sejam eles PIs ou PIRs.

n, n_1, n_2, n_3, n_4 – número (variável) de PCPIs desenvolvidos; U_i – PII Unimodal;
 M_i – PII Multimodal; U_r – PIR Unimodal; M_r – PIR Multimodal

A classificação do carácter modal dos PIs desenvolvidos ao longo de uma HCI Complexa poderia ainda desenvolver-se através de uma classificação fina que distinguísse: uma sequência de PIs desenvolvidos com base num plano prévio para a sua execução; e uma sequência de PIs desenvolvidos com base num plano que vai sendo construído ao longo da interacção.

Por exemplo, uma Interacção Complexa com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal tanto podia ser uma Interacção Complexa Direccionada como uma Interacção Complexa Construída, sendo consequentemente também possível, à luz do mesmo sis-

tema de classificação, identificar o responsável pelo desenvolvimento da HCI.

No entanto, não se encontra uma relevância nocional nestes desenvolvimentos, face à independência dos conceitos subjacentes a cada uma das referidas propostas de sistema de classificação. Trata-se de uma análise conjugada que encontra o seu lugar num *design space* e não numa taxonomia ou tipologia.

2.3. Conservação e alternância do número e natureza sensorial de modalidades de interacção

Uma proposta de sistema de classificação de Interações Complexas que explicita a adequada distinção ao nível do carácter modal dos PIs desenvolvidos não ficará completa sem um último nível de análise: a verificação da ocorrência de uma constância ou de uma inconstância na utilização das várias MIs recorridas. Esta opção abarca necessariamente dois níveis de análise e classificação para avaliar se:

1. Os PIIs recorrem invariavelmente a modalidade(s) de interacção com a mesma natureza sensorial ou, em alternativa, esta(s) varia(m) em natureza sensorial.
2. O número de modalidades de interacção envolvidas nos PIs Multimodais de cada tipo-base de PI (PII ou PIR) é sempre o mesmo ou, em alternativa, se este varia em número.

Trata-se de uma abordagem intrinsecamente associada à avaliação do carácter unimodal ou multimodal de HCIs.

De facto, foi já perspectivada e classificada a possibilidade dos PIIs e/ou dos PIRs alternarem entre unimodais e multimodais, nomeadamente no âmbito de Interações Complexas com Variedade Modal. Essa alternância implica a ponderação dos seguintes contextos: a utilização e/ou o abandono (pelo menos esporádico) de determinadas MIs; e o aumento e/ou a diminuição do número de MIs envolvidas. Por estas razões, faz sentido integrar uma reflexão e classificação aprofundada neste ponto de análise.

Será dissemelhante, por exemplo, o desenvolvimento de uma Interação Complexa Unimodal

em que a MI utilizada em cada PII seja sempre a mesma ou o desenvolvimento de uma outra Interação Complexa Unimodal em que a MI utilizada ao longo do desenvolvimento da mesma varie.

Será também diferente, por exemplo, uma Interação Complexa Multimodal em que o número de MIs utilizadas nos vários PIRs seja sempre o mesmo e em que as MIs utilizadas sejam também sempre as mesmas ou em alternativa, verificar-se uma variação ao nível de apenas um ou de ambos estes contextos. Deste modo, propõe-se que uma Interação Complexa seja classificada de Perfeita se os vários PIIs e PIRs desenvolvidos recorrerem sempre ao mesmo número de MIs e estas forem sempre as mesmas. Se tal não suceder, propõe-se a sua classificação em Imperfeita. Neste caso, determinam-se ainda os sub-níveis de classificação de Totalmente Imperfeita (se ocorrer variação no número de MIs e/ou estas forem diferentes, simultaneamente, entre os vários PIIs e entre os vários PIRs) e de Parcialmente Imperfeita (se esta variação ocorrer apenas entre os vários PIIs ou apenas entre os vários PIRs).

Por fim, propõe-se a classificação do carácter de imperfeição registado pelos vários PIs da mesma classe (PII ou PIR): Imperfeição Sensorial, se recorrerem sempre ao mesmo número de MIs mas estas não forem sempre as mesmas; Imperfeição Numérica, se recorrerem a um número variável de MIs mas estas pertencerem sempre a um conjunto de base reproduzível; Imperfeição Sensorial e Numérica, se recorrerem a um número variável de MIs e estas não pertencerem a um conjunto de base crescente repetível.

Deste modo, uma Interação Complexa poderá assumir uma quantidade relevante de contextos de desenvolvimento, dependentes do modo como os vários PIIs e PIRs se constituem. No entanto, atendendo ao carácter composto de uma MI, justifica-se a sua análise individualizado nas suas componentes de MO(s) e de CI(s).

Se os PIIs de uma Interação Complexa forem todos Unimodais, estes poderão recorrer sempre à(s) mesma(s) MO(s) (perfeição ao nível do *output*) ou recorrer a diferente(s) MO(s) (imperfeição sensorial ao nível do *output*). Recorde-se que o conceito adoptado de MI possibilita que a única MI de um PII Unimodal integre uma ou mais MOs de natureza sensorial comum. De modo a evitar a associação, errada, entre o contexto de duas ou mais MOs de natureza sensorial comum que integram uma mesma MI e o contexto de duas ou mais MOs que integram diferentes MIs (independentemente da sua natureza sensorial), adopta-se a simplificação de que o primeiro contexto será descrito como integrando apenas uma MO. A referida simplificação será também aplicada a CIs.

Figura 10. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs Unimodais com Perfeição ao nível dos MOs utilizados

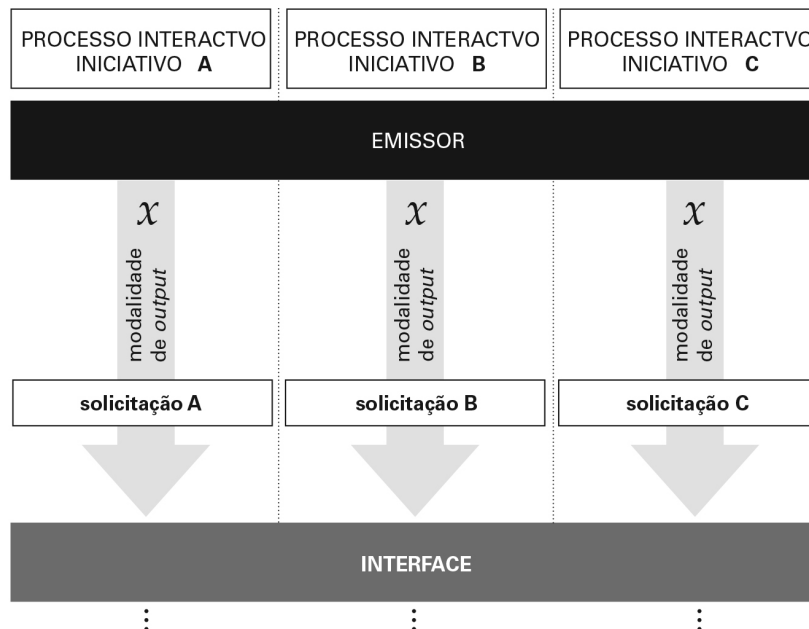
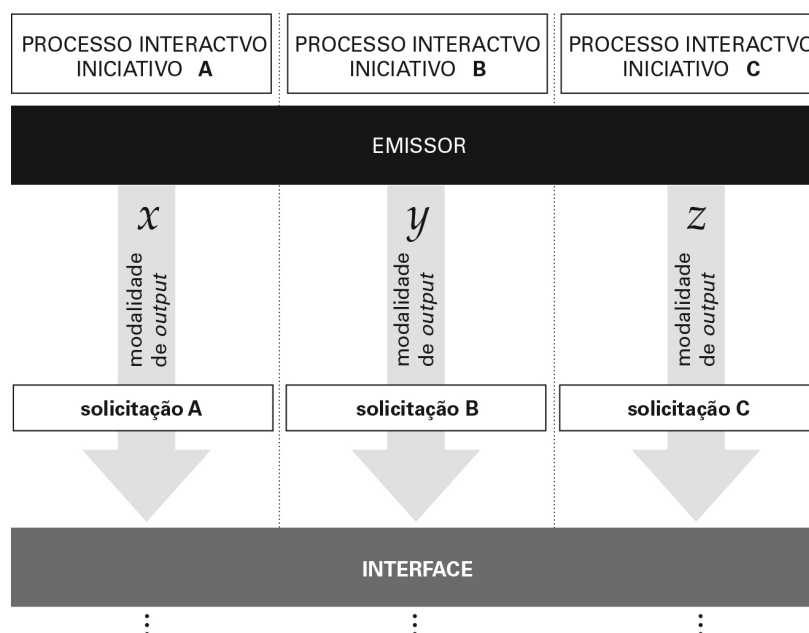


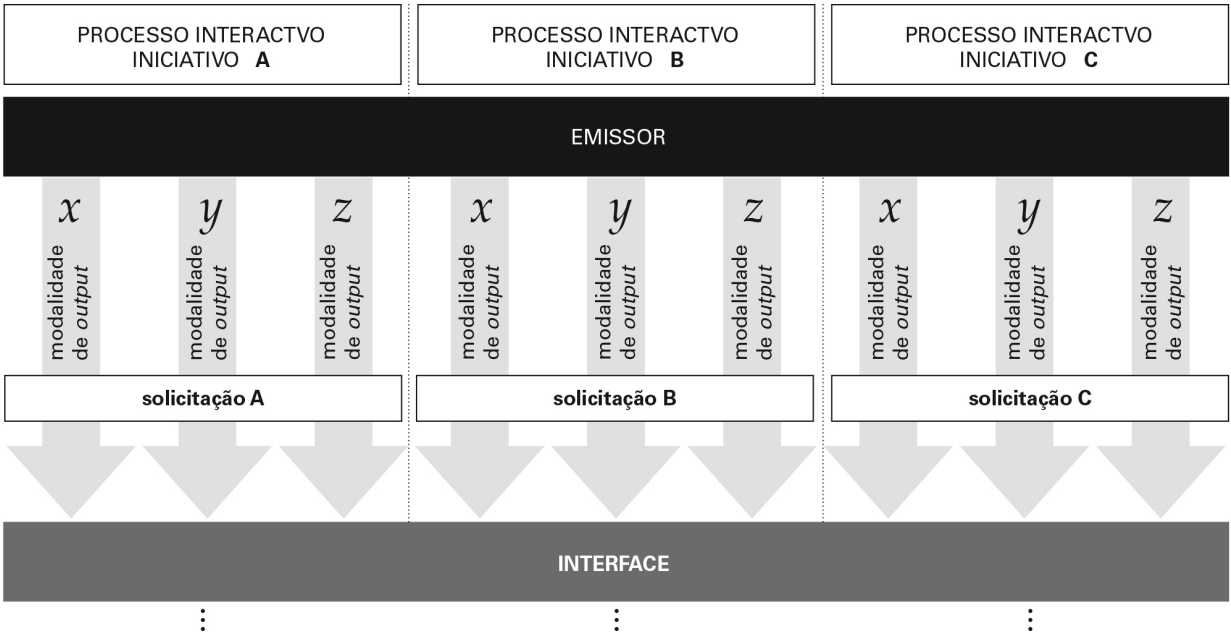
Figura 11. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs Unimodais com Imperfeição ao nível dos MOs utilizados



Verifica-se que, no referido caso em que a Interação Complexa é totalmente constituída por PIIs Unimodais, apenas se pode perspectivar uma imperfeição da classe sensorial ao nível do *output*, uma vez que o seu desenvolvimento implica invariavelmente apenas uma MI.

Por sua vez, se estivermos perante uma Interação Complexa totalmente constituída por PIIs Multimodais, estes poderão assumir um carácter perfeito ao nível do *output* se recorrerem sempre ao mesmo número de MIs e estas forem sempre as mesmas.

Figura 12. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Perfeição ao nível dos MOs utilizados

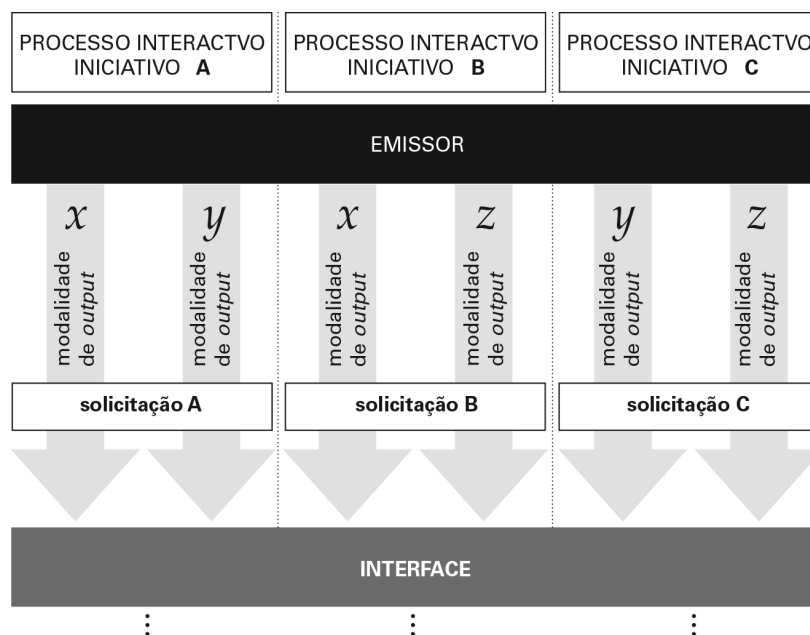


No caso de se verificar um carácter imperfeito ao nível do *output* de uma Interação Complexa totalmente constituída por PIIs Multimodais, este poderá revelar-se de três modos distintos.

Poderá ocorrer através de uma:

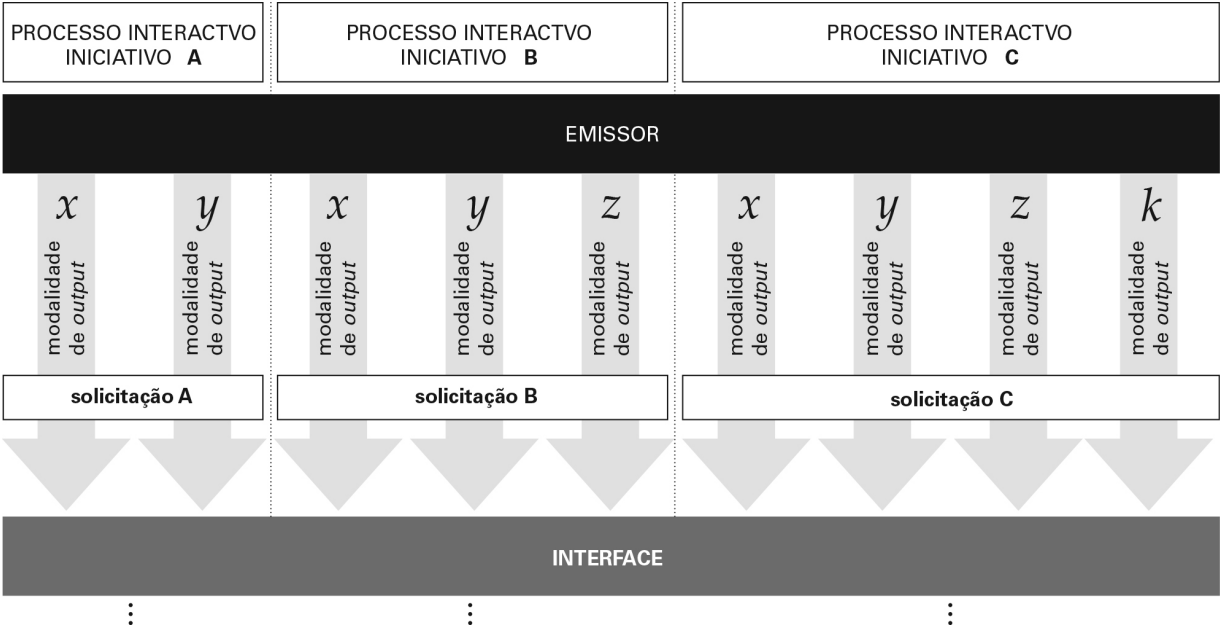
1. Imperfeição sensorial, expressa numa constância no número de MOs, com variação nas MOs específicas utilizadas em cada um dos PIIs Multimodais.

Figura 13. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Imperfeição Sensorial ao nível dos MOs utilizados



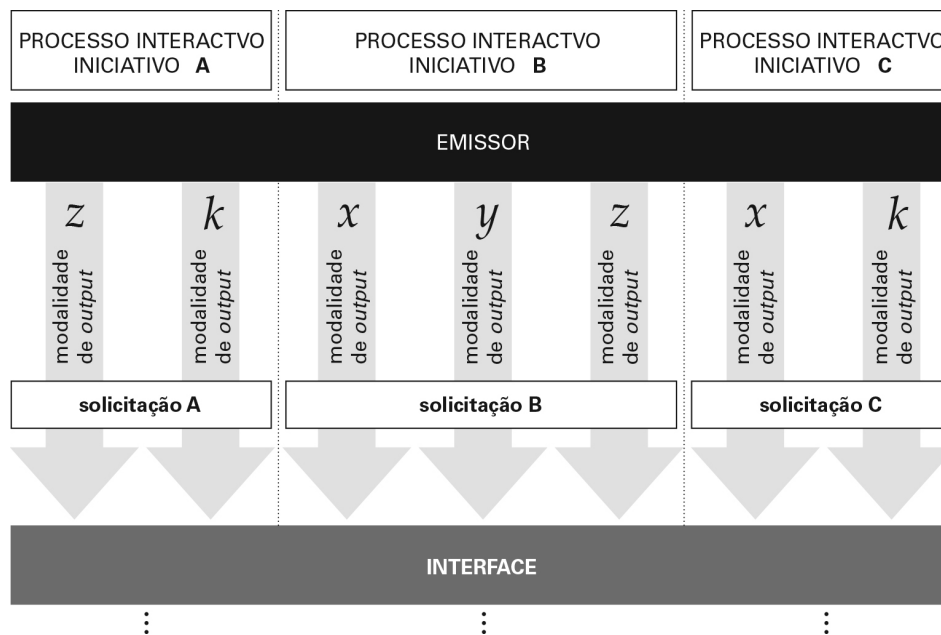
2. Imperfeição numérica, expressa numa variação no número de MOs, sendo estas sempre provenientes de um conjunto-base, de tal modo que cada PII Multimodal integra as MOs utilizadas pelos PIIs Multimodais de menor número de MOs e os PIIs Multimodais de igual número de MOs recorrem todos às mesmas MOs.

Figura 14. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Imperfeição Numérica ao nível dos MOs utilizados



3. Imperfeição sensorial e numérica, expressa numa variação no número de MOs, não sendo estas sempre provenientes de um conjunto-base comum, de tal modo que cada PII Multimodal não integra todas as MOs utilizadas pelos PIIs Multimodais de menor número de MOs e/ou os PIIs Multimodais de igual número de MOs não recorrem todos às mesmas MOs.

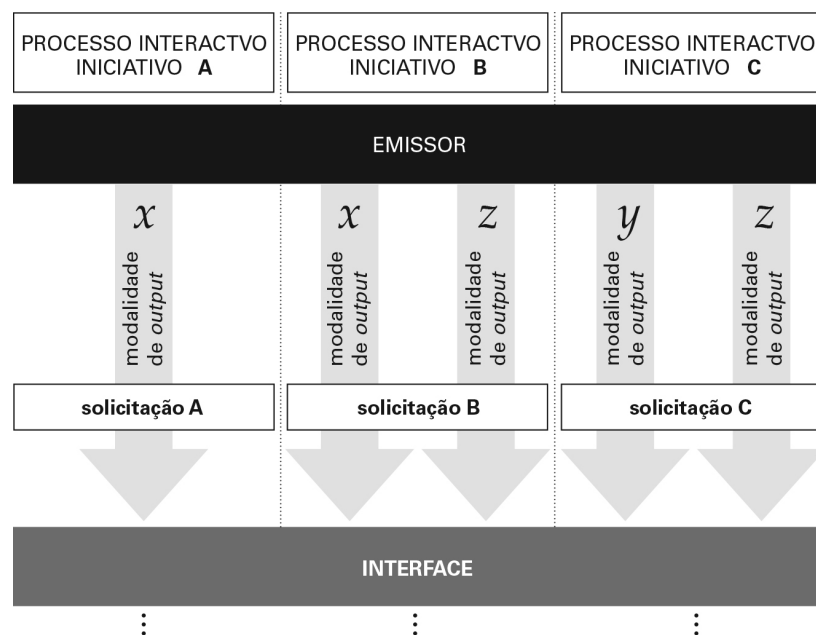
Figura 15. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs Multimodais com Imperfeição Sensorial e Numérica ao nível dos MOs utilizados



Por outro lado, a ocorrência de PIIs com Variedade Modal numa mesma Interação Complexa pode originar as três classes de imperfeição já referidas:

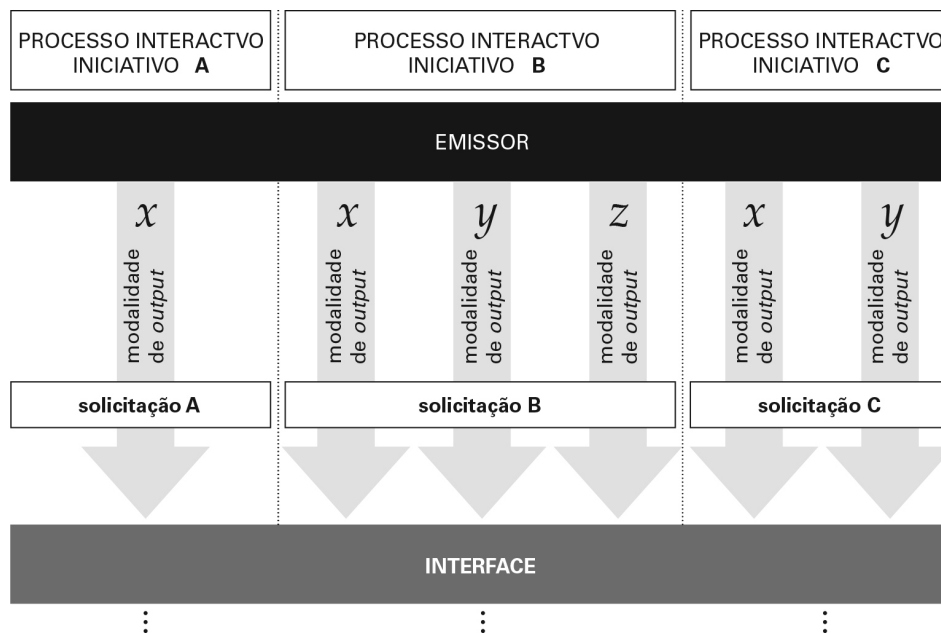
1. Imperfeição sensorial da HCI se os PIIs Unimodais recorrerem a MOs diferentes, ou se os PIIs Multimodais recorrerem sempre ao mesmo número de MOs e estas variarem entre si e/ou não integrarem a MO dos PIIs Unimodais.

Figura 16. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs com Variedade Modal com Imperfeição Sensorial ao nível dos MOs utilizados



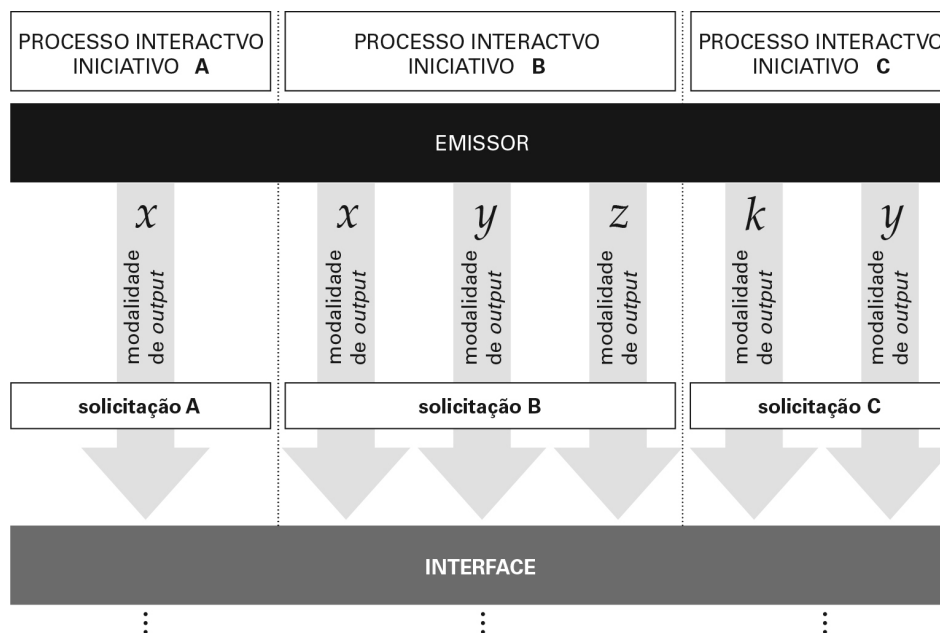
2. Imperfeição numérica da HCI se os PIIs Unimodais recorrerem a MOs iguais e se os PIIs Multimodais recorrerem a um número diferente de MOs mas cada um destes integrar todas as MOs que se desenvolvem nos PIIs de menor número de MOs.

Figura 17. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs com Variedade Modal com Imperfeição Numérica ao nível dos MOs utilizados



3. Imperfeição sensorial e numérica da HCI se ocorrer uma variação no número de MOs nos vários PIIs, não sendo estas sempre provenientes de um conjunto-base, de tal modo que cada PII Multimodal não integra exactamente as mesmas MOs utilizadas pelos PIIs de menor número de MOs e/ou os PIIs Multimodais de igual número de MOs não recorrem todos às mesmas MOs.

Figura 18. Exemplo de Interação Complexa constituída apenas por PIIs com Variedade Modal com Imperfeição Sensorial e Numérica ao nível dos MOs utilizados



A análise descritiva apresentada para os PIIs encontra expressão idêntica ao nível dos PIRs, não diferindo funcionalmente uma vez que a única variável é o contexto de utilização (iniciativo ou resolutivo) das MOs.

Atente-se ainda que o conceito de perfeição de *output* adoptado ao nível do desenvolvimento dos PIIs (transponível para os PIRs) sustenta-se numa igualdade total entre estes quando utilizam exactamente o mesmo número de MOs e no enquadramento de um maior denominador comum sensorial possível quando estas variam em número.

Por outro lado, a análise relativa aos CIs, dos PIIs e dos PIRs, é exactamente equivalente à realizada para as MOs, devendo apenas ser adaptada a linguagem (i.e. onde se lê MOs passará a ler-se CIs).

Por fim, a decomposição das MIs ao nível de MOs e de CIs encontra a sua justificação na necessidade de se individualizar o modo como os AHs e os AIs intervêm num PII ou num PIR. Esta especificação é de relevo no âmbito da análise, concepção e implementação de interfaces. Recorde-se que o modelo de HCI adoptado implica quatro níveis de intervenção dos agentes envolvidos: a emissão e a aquisição por parte do AH; a emissão e a aquisição por parte do AI.

Deste modo, é possível particularizar-se o modo como um AH ou um AI executa o *input* de dados multimodais ao nível da conservação ou variação (em número e natureza sensorial) das MOs durante os vários PIIs e/ou PIRs de uma HCI. O mesmo se poderá fazer em relação ao modo como um AH ou um AI executa o *output* de dados multimodais ao nível da conservação ou variação (em número e natureza sensorial) dos CIs utilizados durante os vários PIIs e/ou PIRs de uma HCI.

Registe-se ainda que as DIs envolvidas em cada uma das MIs, no caso destas serem multidimensionais, não possuem relevância no âmbito do presente ponto de análise uma vez que, por definição adoptada, uma MI Multidimensional implica necessariamente a integração de DIs da mesma natureza sensorial. Isto é, as várias DIs de uma MI Multidimensional implicam necessariamente o recurso à mesma MO e ao mesmo CI.

Por fim, salienta-se que apesar da relevância atribuída à decomposição das MIs nas suas MOs e CIs, a classificação de uma HCI com base no conceito agregador de MI é desejável à luz da necessidade de se promover uma compreensão integral do seu desenvolvimento.

Recorde-se, também, que teremos uma reutilização da mesma MI se, simultaneamente, se recorrer à mesma MO e ao mesmo CI; por outro lado, utilizaremos diferentes MIs se estas integrarem diferente MO e/ou diferente CI.

Assim, a proposta de sistema de classificação que se apresenta no âmbito da presente dimensão de classificação encontra-se contextualizada às MIs. Pode, no entanto, ser adaptada ao contexto de MOs ou de CIs, bastando para tal a substituição de MI pela componente interna desejada (i.e. onde se lê MIs passará a ler-se MOs ou CIs, conforme o foco de análise).

Por fim, registe-se que o nível de desenvolvimento e abstracção promovido origina uma atomização muito elevada, resultante da articulação entre PIIs e PIRs numa mesma HCI Complexa. Não pode, no entanto, negligenciar-se o facto de que apenas através de uma caracterização abrangente

do universo da HCI será possível compreender a arquitectura funcional de interacções e interfaces.

Por outro lado, compreenda-se que nem todas as HCIs Complexas poderão alcançar a máxima atomização apresentada. De facto, algumas das classes descritas apenas podem ocorrer no contexto de uma HCI Complexa que integre pelo menos três PCPIs (e.g. as classes de imperfeição simultaneamente sensorial e numérica).

Procede-se, assim, à caracterização (não abordada na literatura da especialidade) de classes de HCI Complexa em função da conservação ou variação das MIs nos seus PIs (Quadro 11.4).

Quadro 11.4. Classificação de uma interacção complexa quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos (iii)

1. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI e/ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.A.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.A.1.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.A.1.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita

por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.A.1.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MI.

2.A.1.A.1.B.2.B.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.A.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal — classe caracterizada anteriormente.

2.A.1.B.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.A.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.B.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Totalmente Imperfeita

— os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente

— os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente

— os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente

— os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A.4. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução

— os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.5. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução

— os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não

variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A.6. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.7. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A.8. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.9. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem

sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Perfeita — os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Imperfeita — os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais va-

riam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A.3. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.A.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesma MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.2. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.1.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA om Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Perfeita — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.1. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.A.2. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.3. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs Multimo-

dais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.4. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde à MI utilizada nos PIs Unimodais e às demais MIs utilizadas nos PIs Multimodais de menor número de MIs que, por sua vez, recorrem às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.5. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e estas não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde à MI utilizada nos PIs Unimodais e às demais MIs utilizadas nos PIs Multimodais de menor número de MIs e/ou que, por sua vez, recorrem às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.6. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.A.7. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.8. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal

Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.A.9. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais

2.A.1.B.2.B.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcial-

mente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Perfeita — os pares conjugados de PIs Unimodais integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI; os pares conjugados de PIs Multimodais integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas, e PIRs

Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Imperfeita — os pares conjugados de PIs Unimodais não integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou os pares conjugados de PIs Multimodais não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas, e PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita — os pares conjugados de PIs Unimodais não integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI; os pares conjugados de PIs Multimodais não integram necessariamente PIs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas, e PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.1.D. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs

Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.E. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.1.F. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.G. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.1.H. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.I. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no

número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita — os pares conjugados de Pls não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas ou, em alternativa, os pares conjugados de Pls não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os pares conjugados de Pls não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.B. Interacção Complexa com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita por Resolução — os pares conjugados de Pls não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.B.2. Interacção Complexa com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.B.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Perfeita — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais

não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.B.2.A.4. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.5. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.6. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.7. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utili-

zada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.8. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.9. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita — ou os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; ou os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento

Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento

Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento

Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento

Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

3.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs e os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de

MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.D. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.E. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.F. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.1.G. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.H. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.1.I. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

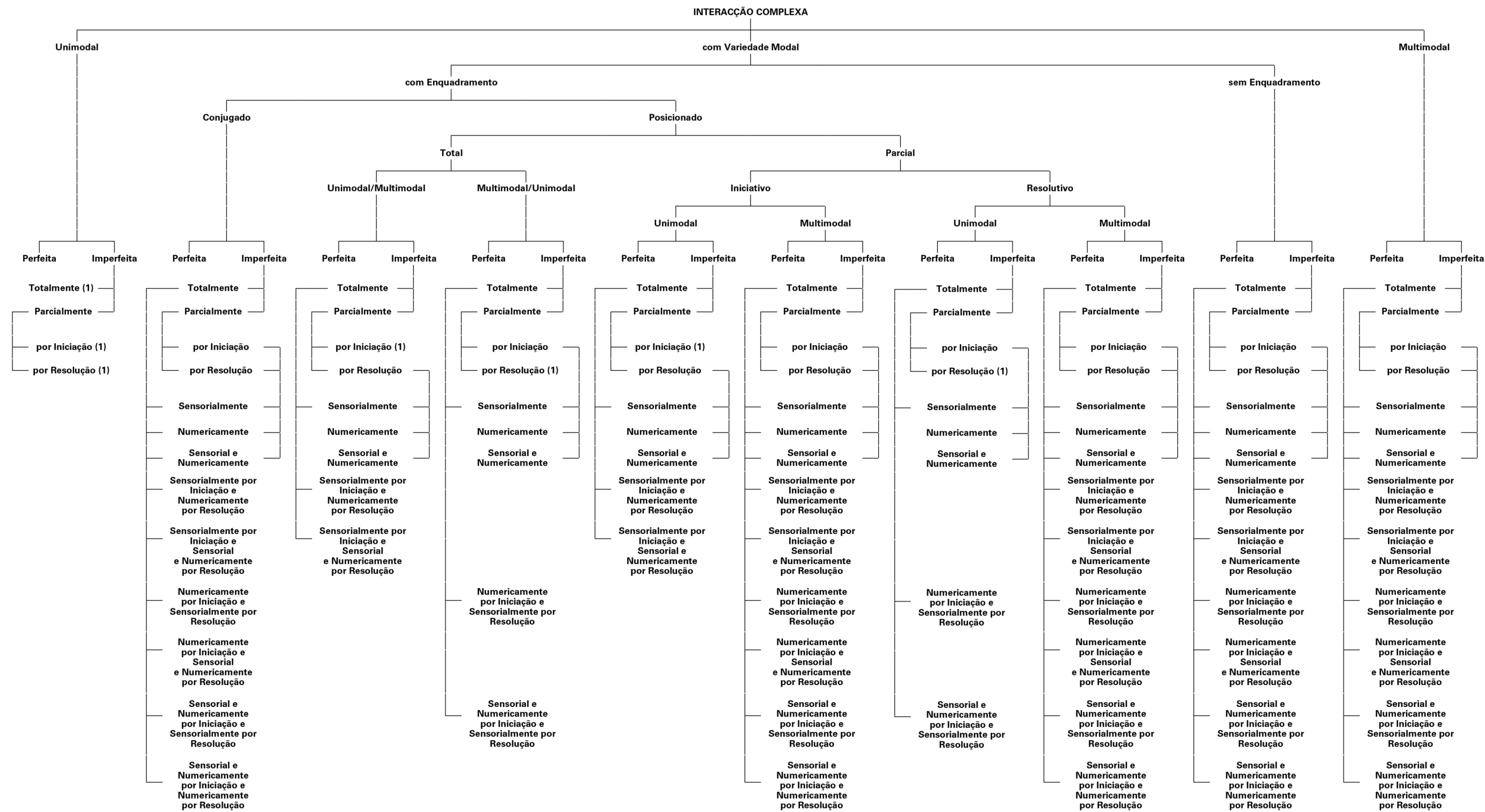
3.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.2.B.3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.



1) Imperfeição necessariamente de âmbito sensorial

O grau de granularidade alcançado pela presente proposta, com um total de diferentes classes superior a cem, encontra-se intrinsecamente associado ao potencial de fragmentação das Interações Complexas. Realça-se, no entanto, que a elevada granularidade não deve ser encarada como um constrangimento mas valorizada pelo seu potencial de instrumentalidade funcional na promoção do desenvolvimento de soluções conscientes, amplificando a diversidade do ecossistema de análise. Se, por um lado, nem todas as HCIs contemporâneas detêm um carácter suficientemente complexo para encontrar o posicionamento em níveis de classificação mais finos, por outro, desenvolvimentos futuros nos campos da inteligência artificial e mais especificamente da cibernética e da vida artificial, revelarão mais claramente o potencial de tal ferramenta.

Refira-se ainda que, no caso de classes de interação imperfeita em que se verifique uma imperfeição apenas no âmbito da classe de PIs (PIIs e/ou PIRs) sempre unimodais, opta-se por não identificar a classe de imperfeição verificada. Esta opção resulta do facto de uma imperfeição em PIs Unimodais apenas poder ser de âmbito sensorial, não se justificando qualquer especificação.

Esta classificação imperfeita não especificada verifica-se nas seguintes classes: Interação Unimodal Totalmente Imperfeita; Interação Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação; Interação Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução; Interação com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação; Interação com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução; Interação com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação; e Interação com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução.

3. CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS INTERACTIVOS QUANTO AO CONTEXTO DE SELECÇÃO DE MODALIDADE(S) DE INTERACÇÃO

Procede-se, de seguida, o desenvolvimento mais fino da classificação de PIs Unimodais e de PIs Multimodais, através da clarificação do modo como cada MI é recorrida. Isto é, se a MI em causa é a única possível de ser utilizada, de entre outras no contexto de interacção ou se, por outro lado, ocorreu a sua selecção, por parte de um ou dos dois agentes.

3.1. Estado da arte

Esta assunto encontra alguma análise académica. Por exemplo, é abordada por Nigay (1994) que defende ser relevante a classificação de uma interacção com base na existência ou não da possibilidade de escolha da modalidade de comunicação a que recorre o utilizador na apresentação de uma solicitação, assim como da possibilidade de escolha da modalidade de comunicação a que o sistema informático recorre na apresentação de uma resposta.

Por sua vez, Martin (1997) refere que existem seis tipos básicos de cooperação entre modalidades utilizadas numa HCI por:

1. Equivalência, quando várias modalidades podem ser seleccionadas, em alternativa, para processar um determinado conteúdo informativo.
2. Especialização, quando um certo tipo de conteúdo informativo necessita de ser processado através de uma modalidade específica.
3. Redundância, quando várias modalidades processam em paralelo o mesmo conteúdo informativo.
4. Complementaridade, quando as várias modalidades utilizadas processam diferentes partes do conteúdo informativo, sendo estas posteriormente agregadas de modo a produzir um significado único.
5. Transferência, quando o conteúdo informativo transmitido por uma modalidade origina uma resposta que se vê processada por outra modalidade.

6. Co-ocorrência, quando as várias modalidades utilizadas processam diferentes partes do conteúdo informativo, mas estas não serão agregadas posteriormente e produzem significados distintos.

Se, por um lado, os tipos de cooperação propostos de equivalência, especialização, redundância, complementaridade e co-ocorrência se referem a processos de interacção multimodal de sentido único (e.g. do AH para o AI), Martin (1997) entende a transferência como uma cooperação que ocorre entre modalidades utilizadas sequencialmente pelos dois agentes (e.g. o AH utiliza o rato para clicar sobre um *link* no *browser* e como consequência o AI apresenta uma imagem). Trata-se de uma classe de classificação que se enquadra num âmbito diferente das demais, não se justificando uma análise integrada.

As cooperações por equivalência e por especialização propostas por Martin (Idem) constituem posicionamentos opostos na utilização de modalidades. Enquanto que na equivalência existe alternativa na utilização de uma modalidade para um determinado fim, na especialização a modalidade a utilizar é a única susceptível de assegurar a transmissão e aquisição de um determinado conteúdo informativo.

Martin *et al* (1998) definem a multimodalidade de cooperação por especialização, a um nível mais fino, em dois sub-tipos: relativa ao tipo de dados (*data-relative specialization*), quando um tipo de dados é transmitido apenas através de uma única modalidade (e.g. quando a ocorrência de erros é notificada apenas através da emissão de sons); e relativa ao tipo de modalidade (*modality-relative specialization*), quando uma modalidade é utilizada para processar um único tipo de dados (e.g. quando o som é apenas utilizado para a notificação de erros).

Por outro lado, quando existe uma relação de exclusividade entre a modalidade e o tipo de dados (e.g. quando o som é apenas utilizado para a notificação de erros e a ocorrência de erros é apenas notificada através da emissão de sons), defendem estar-se perante uma especialização absoluta, i.e. existe simultaneamente especialização ao nível do tipo de dados e do tipo de modalidade.

Martin *et al* (Idem) realçam que os sistemas multimodais disponibilizam frequentemente vários dos tipos possíveis de cooperação entre modalidades e que o seu recurso alcança distintos objectivos (critérios de usabilidade).

Por sua vez, Maes e Saraswat (2003) identificam diferentes modos de utilização de modalidades em contexto multimodal. A multimodalidade suplementar é entendida como resultando de uma interacção em que, apesar de se recorrer a mais do que uma modalidade, qualquer uma das utilizadas permitiria concluir a interacção desejada pelo utilizador; por sua vez, a multimodalidade complementar será o resultado de uma interacção em que cada uma das modalidades cumpre objectivos próprios e individuais relativos à interacção, sendo necessária a utilização dessas várias modalidades para alcançar o objectivo final.

James e Gurram (2009) abordam também a questão da utilização obrigatória ou opcional de modalidades. Defendem que os sistemas e aplicações de HCI são desenvolvidos de forma a integrar modalidades que possam cumprir determinados objectivos, podendo ser classificadas de acordo como são combinadas durante a interacção.

Deste modo, ter-se-ão modalidades complementares, modalidades substitutas e modalidades redundantes. As modalidades actuarão complementarmente quando promoverem a produção de um significado comum que resulta da integração dos sinais captados através de todas as modalidades. Por sua vez, actuarão como modalidades de substituição quando o utilizador as selecciona de entre duas ou mais possíveis de serem utilizadas. Por fim, actuarão como modalidades redundantes se promoverem a produção de uma informação igual, servindo a sua utilização cumulativa apenas para reduzir a possibilidade de erro ou de perda de informação.

Como se pode observar, James e Gurram (Idem) perspectivam a possibilidade de se seleccionarem modalidades de entre um conjunto de modalidades possíveis. No entanto, trata-se de uma análise que não desenvolvem.

3.2. Proposta de sistema de classificação de processos interactivos quanto ao contexto de selecção da(s) modalidade(s) de interacção utilizada(s)

Apesar dos contributos enunciados, o modo como as MIs são recorridas no âmbito de um PI não encontra reflexão desenvolvida na literatura da especialidade, justificando-se o seu apro-

fundamento. Propõe-se que esta classificação seja complementada pela explicitação/imputação da responsabilidade pela selecção da(s) mesma(s) (Quadro 12.1). De facto, considera-se relevante a distinção entre o agente emissor ou o agente receptor como autores da selecção da(s) MI(s) envolvida(s).

Quadro 12.1. Classificação de um processo interactivo quanto à profusão e contexto de selecção das modalidades de interacção (i)

1. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal — recorre a apenas uma MI.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Especializado — a MI utilizada é a única susceptível de o ser.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável — a MI utilizada é seleccionável de entre um conjunto de MIs susceptíveis de serem utilizadas.

1.B.1. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário — a selecção da MI utilizada é da responsabilidade do emissor.

1.B.2. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário — a selecção da MI utilizada é da responsabilidade do receptor.

2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal — recorre a duas ou mais MIs.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Especializado — a combinação de MIs utilizada é a única susceptível de o ser.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável — a combinação de MIs utilizada é seleccionável de entre um conjunto de MIs susceptíveis de serem combinadas.

2.B.1. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário — a selecção da combinação de MIs utilizada é da responsabilidade do emissor.

2.B.2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário — a selecção da combinação de MIs utilizada é da responsabilidade do receptor.

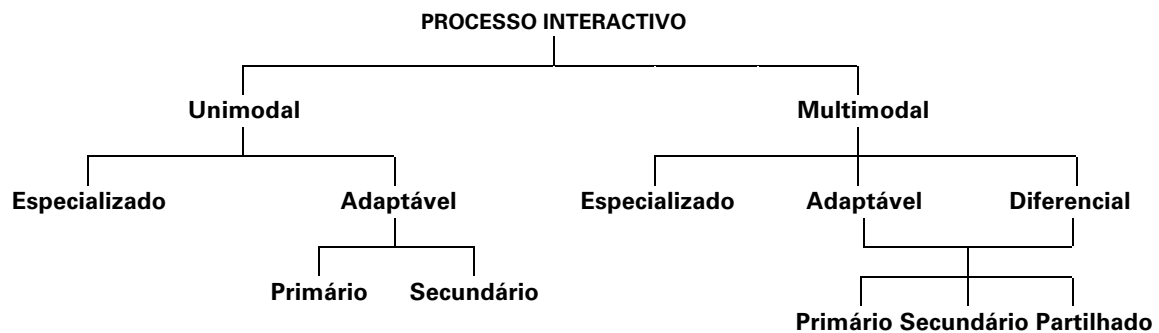
2.B.3. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado — a selecção da combinação de MIs utilizada é realizada de modo partilhado pelo emissor e pelo receptor.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial — pelo menos uma das MIs utilizadas é essencial para o desenvolvimento do PI e pelo menos uma outra MI utilizada é seleccionável de entre um conjunto de MIs (MIs optativas) susceptíveis de serem combinadas com a primeira.

2.C.1. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário — a selecção das MIs optativas a combinar é realizada pelo emissor.

2.C.2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário — a selecção das MIs optativas a combinar é realizada pelo receptor.

2.C.3. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado — é utilizada mais do que uma MI optativa e a sua selecção é realizada de modo repartido pelo emissor e pelo receptor.



Não sendo as MIs seleccionáveis pelo emissor e/ou pelo receptor, estas encontrar-se-ão impostas pelo design de interfaces. Tais serão, necessariamente, os contextos associados a PIs Unimodais Especializados ou Multimodais Especializados.

Por outro lado, entende-se ainda relevante a caracterização fina das opções de concepção, subjacentes aos PIs Adaptáveis e Diferenciais, no que diz respeito ao papel atribuído ao seu emissor e ao seu receptor. Procura-se clarificar, assim, que a possibilidade de selecção de MIs (seja ela por responsabilidade exclusiva do emissor do PI, do seu receptor ou de ambos) pode suceder como consequência de diferentes enquadramentos técnicos e conceptuais.

Se, por um lado, os contextos de especialização, adaptabilidade ou diferenciação não encontram relevância idêntica ao nível de interfaces contemporâneos — os constrangimentos e opções tecnológicas têm, historicamente, favorecido expressivamente os contextos de especialização — realça-se que não existe qualquer limitação de âmbito teórico ou conceptual que o imponha, pelo que paradigmas distintos deverão surgir com a evolução tecnológica. Encontramos, de facto já hoje aplicações informáticas que possibilitam a selecção da MI a utilizar

(controlo por voz, por rato ou por *touchscreen*; escrita de texto por teclado ou por reconhecimento de voz; apresentação de percursos rodoviários de modo textual, oral ou gráfico; etc.), sendo esta realidade, no entanto, mais expressiva no âmbito do desenvolvimento de PIs Unimodais do que dos PIs Multimodais.

Do mesmo modo, se verifica que os contextos de adaptabilidade e/ou de diferenciação, quando existentes, têm historicamente favorecido a selecção por imposição, em detrimento da selecção por competição ou colaboração. Promovem ainda, invariavelmente, o primado do AH nos processos de selecção de MIs. Por fim, a partilha na selecção de MIs encontra-se historicamente afastada dos contextos de HCI. É expectável que esta realidade possa sofrer alterações com a evolução tecnológica o que permitirá a consolidação de paradigmas de selecção e adopção de MIs distintos.

Deste modo, perspectivam-se três alternativas (Quadro 12.2):

1. Selecção do emissor, do receptor ou partilhada por imposição específica do interface.
2. Selecção do emissor, do receptor ou partilhada por competição entre o emissor e o receptor durante a interacção.
3. Selecção do emissor, do receptor ou partilhada por colaboração entre o emissor e o receptor durante a interacção.

Quadro 12.2. Classificação de um processo interactivo quanto à profusão e contexto de selecção das modalidades de interacção (ii)

1. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

1.A. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Especializado — *classe caracterizada anteriormente.*

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável — *classe caracterizada anteriormente.*

1.B.1. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário — *classe caracterizada anteriormente.*

1.B.1.A. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.1.B. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.1.C. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

1.B.2. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário — *classe caracterizada anteriormente.*

1.B.2.A. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.2.B. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.2.C. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Especializado — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B.1. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B.1.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.1.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.1.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B.2.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.2.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.2.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.3. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado — *classe caracterizada anteriormente.*

2.B.3.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.3.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.B.3.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial — *classe caracterizada anteriormente.*

2.C.1. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário — *classe caracterizada anteriormente.*

2.C.1.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.1.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.C.1.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário — *classe caracterizada anteriormente.*

2.C.2.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.2.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.C.2.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário por Colaboração — a

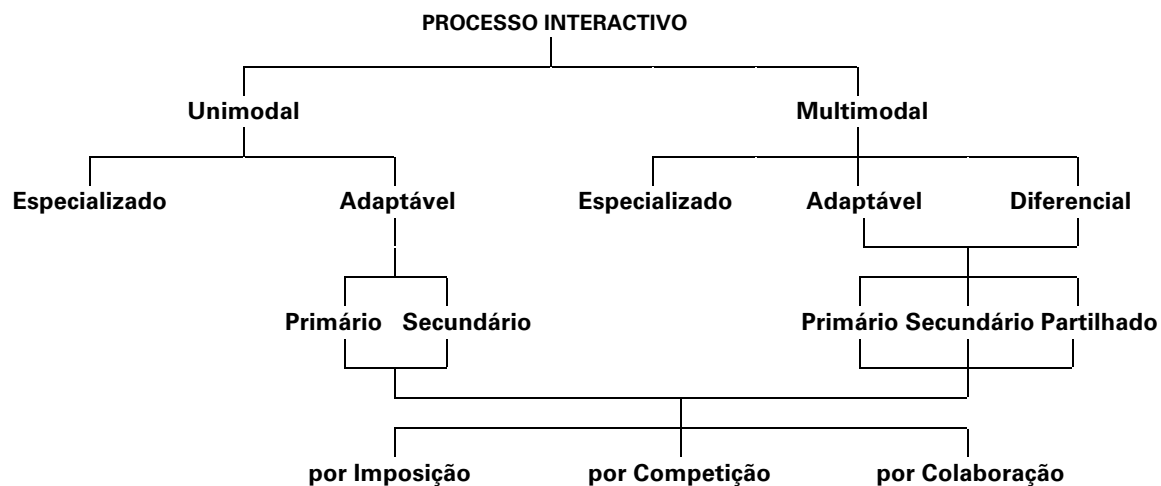
responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.3. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado — *classe caracterizada anteriormente.*

2.C.3.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.3.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.C.3.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.



4. CLASSIFICAÇÃO DE MODALIDADES DE INTERACÇÃO QUANTO AO NÚMERO E CONTEXTO DE SELECÇÃO DE DIMENSÕES DE INFORMAÇÃO

No presente ponto de análise, propõe-se a discussão do modo como uma MI é processada por um agente no desenvolvimento de um PI. Mais especificamente, pretende-se a ponderação do número de Dimensões de Informação (DIs) numa MI.

A este propósito, recorde-se a defesa de Metcalfe (2007) de que, apesar da percepção ser frequentemente investigada de modo unidimensional (e.g. no processamento da luminosidade ao nível da visão ou no processamento do volume sonoro ao nível da audição), só mui-

to raramente os nossos sistemas perceptivos actuam sobre informação proveniente de uma única dimensão dentro de uma modalidade de interacção. Metcalfe (2007) refere que, mesmo que um AH seja apenas suportado por uma modalidade de comunicação, o seu cérebro procurará adoptar procedimentos de análise agregada com vista a inferir o máximo de informação possível dentro desta.

Recorde-se também a análise empírica de Sproull e Kiesler (1991): apesar do telefone eliminar as pistas visuais (roupa, postura corporal, etc.) que permitem deduzir a posição social de um interlocutor, é possível aceder a essa informação através de sinais comunicativos não-verbais inerentes ao discurso verbal (e.g. as pausas, o tom de voz, a utilização de linguagem mais ou menos erudita, entre outras).

Por último, a investigação de Hillis *et al* (2002) sobre a fusão de dados no âmbito da percepção humana constatou que a combinação de dados provenientes de uma mesma modalidade sensorial através de duas ou mais dimensões de análise proporcionava ganhos na avaliação das propriedades de um objecto e originava a perda dos dados individuais que cada uma das dimensões de análise produziam. Por oposição, a investigação do processamento de dados multimodais de carácter unidimensional originava a produção de informações individuais que depois, sem a sua perda, eram fundidas de modo a proporcionar uma informação global comum.

Os estudos de Hillis *et al* (Idem) levaram-nos a considerar que existe uma diferença conceptual relevante entre o modo como a percepção humana actua no âmbito da interacção unimodal multidimensional e da interacção multimodal unidimensional.

Não existe qualquer impedimento conceptual de que um agente da HCI (seja ele o AH ou o AI) considere mais do que uma das várias DIs que lhe são transmitidas e que adquira através de um dos seus CIs. Deste modo, não será indiferente a decisão de se prever o processamento destas DIs. De acordo com o referido anteriormente, tal pode acontecer tanto em PIs em que o emissor seja o AH como naqueles em que o AI assume esse papel.

Retomando o exemplo da percepção da comunicação auditiva, é de salientar que esta não se encontra circunscrita à dimensão de análise do conteúdo linguístico, podendo também integrar conteúdo informativo ao nível das variações de volume e do ritmo do discurso, entre outros. Efectivamente, a comunicação verbal humana é suficientemente rica e complexa

para que ambiguidades e imprecisões surjam a partir da simples transcrição frásica do discurso oral (negligenciando-se, por exemplo, a ironia ou a carga emocional a ela associadas).

Deste modo, se o AH se assumir como o emissor de um PI, a HCI poderá prever a possibilidade de, através de um único CI, ser adquirida e posteriormente processada mais do que uma DI oral (através de processos de fusão de dados). Por outro lado, se for o AI a assumir-se como o emissor, a HCI poderá prever a possibilidade da emissão do conteúdo informativo verbal integrando flutuações de tom e de ritmo (através de processos de fissão de dados) que serão adquiridos e posteriormente processados de modo integrado pelo AH. Tal implementação pode assumir-se como vantajosa, por oposição à simples aquisição de conteúdo frásico aberto.

Neste contexto, torna-se relevante a classificação de MIs em uso, em função do número de DIs utilizadas no processamento de conteúdo informativo por estas transmitido. Trata-se de um sistema de classificação que se entende estar directamente relacionado com o proposto anteriormente para a classificação e distinção entre PIs Unimodais e Multimodais, em face do notório paralelismo conceptual.

O recurso a uma MI Multidimensional prossegue objectivos próximos (mas não necessariamente idênticos) aos objectivos do recurso a mais do que uma MI Unidimensional. A sua integração neste capítulo (Quadro 13) surge no âmbito da verificação de uma proximidade conceptual e técnica registada entre os contexto de selecção de MIs utilizadas num PI e o contexto de selecção de DIs processadas numa MI.

Quadro 13. Classificação de uma modalidade de interacção quanto à profusão e contexto de selecção das dimensões de informação

1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional — é processada apenas uma DI.

1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Especializada — a DI processada é a única susceptível de o ser.

1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável — a DI processada é seleccionável de entre um conjunto de DIs susceptíveis de serem processadas.

1.B.1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária — a selecção da DI processada é da responsabilidade do emissor.

1.B.1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.1.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

1.B.2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária — a selecção da DI processada é da responsabilidade do receptor.

1.B.2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional — são processadas mais do que uma DI.

2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Especializada — a combinação de DIs processadas é a única susceptível de o ser.

2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável — a combinação de DIs processadas é seleccionável de entre um conjunto de DIs susceptíveis de serem combinadas.

2.B.1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária — a selecção da combinação de DIs processadas é da responsabilidade do emissor.

2.B.1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária por Competição

ção — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.1.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária — a selecção da combinação de MIs utilizada é da responsabilidade do receptor.

2.B.2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.3. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada — a selecção da combinação de DIs processadas é realizada de modo partilhado pelo emissor e pelo receptor.

2.B.3.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.3.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.B.3.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial — pelo menos uma das DIs processadas é essencial para o desenvolvimento do PI e pelo menos uma outra DI processada é seleccionável de entre um conjunto de DIs (DIs optativas) susceptíveis de serem combinadas com a primeira.

2.C.1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária — a selecção das DIs optativas a combinar é realizada pelo emissor.

2.C.1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.C.1.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária — a selecção das DIs optativas a combinar é realizada pelo receptor.

2.C.2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

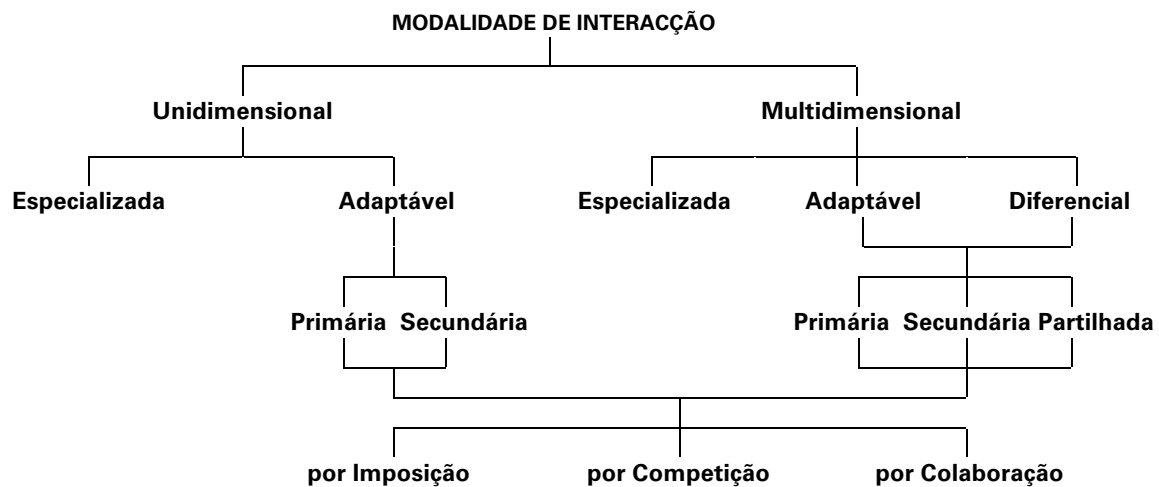
2.C.2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.3. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada — são utilizadas mais do que uma DI optativa e a sua selecção é realizada de modo repartido pelo emissor e pelo receptor.

2.C.3.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.3.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.C.3.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.



No contexto de análise de MIs Multidimensionais, importa salientar que, não sendo as DIs seleccionáveis pelo emissor e/ou pelo receptor, estas se encontram impostas pelo designer de interacção que definiu o interface.

Por outro lado, considera-se relevante, sobretudo em termos conceptuais, destacar-se um conjunto de PIs característicos que resultam da confluência das presentes classes de classificação (classificação em função do número de DIs processadas numa MI) e das classes de classificação de PIs Unimodais e Multimodais (classificação em função do número de MIs utilizadas num PI), anteriormente abordadas.

Da análise conjunta dos referidos sistemas de classificação, pode-se destacar:

- o Processo Interactivo Multimodal Unidimensional, que compreenderá o Processo Interactivo Multimodal em que cada uma das MIs utilizadas é apenas processada numa única DI;
- o Processo Interactivo Unimodal Multidimensional, que compreenderá o Processo Interactivo Unimodal em que a MI utilizada é processada em mais do que uma DI.

Em termos analíticos, este último prossegue objectivos próximos dos de um Processo Interactivo Multimodal (seja ele unidimensional ou multidimensional), apesar de apresentar contrangimentos e desafios muito específicos em termos de desenvolvimento e implementação.

A necessidade de se manter um grau de atomização razoável e justificável, ao nível dos

processos de análise e classificação, desaconselha a apresentação de propostas globais de sistemas de classificação de PIs e, conseqüentemente, de HCIs que agreguem simultaneamente: a classificação do número de MIs utilizadas e contexto da sua selecção; e a classificação do número de DIs processadas no âmbito da sua utilização e contexto da sua selecção.

Defende-se que um tal esforço de classificação deverá passar, em cada caso de análise, pela caracterização compartimentada destas classes, seguida de uma descrição de carácter aditivo meramente descritivo.

SÍNTESE CONCLUSIVA

A análise e classificação do carácter multimodal de uma HCI é um processo que agrega um potencial de granularidade muito elevado. Este carácter multimodal justifica a abordagem a um conjunto alargado de dimensões classificativas.

Por um lado, a classificação dos PIs permite identificar e distinguir diferentes formas da multimodalidade integrar uma HCI. Deste modo, poder-se-á ter uma interacção em que:

- todos os PIs que a constituem possuem carácter unimodal (Interacção Unimodal);
- pelo menos um dos PIs que a constituem possui carácter multimodal e pelo menos um outro possui carácter unimodal (Interacção com Variedade Modal);
- todos os PIs que a constituem possuem carácter multimodal (Interacção Multimodal).

No caso de Interacções Complexas com Variedade Modal, o potencial de variação justifica um nível de classificação fino em que se identifiquem os níveis dicotómicos de classificação:

- ou todos os PIs envolvidos possuem o mesmo carácter (unimodal ou multimodal) ou então, possuem carácter variável ao longo da mesma HCI;
- ou todos os PIRs possuem o mesmo carácter (unimodal ou multimodal) ou então, possuem carácter variável ao longo da mesma HCI;
- ou cada PCPI possui o mesmo carácter interno (cada par possui um PII e um PIR unimodais ou, então, cada par possui um PII e um PIR multimodais) ou então, cada PCPI possui uma variabilidade interna de carácter modal ao longo da mesma HCI.

Os níveis de classificação em que se verifica uma variabilidade modal com enquadramento podem ainda ser particularizados ao nível da aplicação das suas regras: de modo global a todos os PIs/PCPIs ou a apenas um conjunto definido.

Por fim, justifica-se o desenvolvimento da classificação de Interacções Unimodais e de Interacções Multimodais, nos seguintes âmbitos:

- avaliar se os PIs registam variação de MI(s) utilizada(s) ou então, recorrem invariavelmente à(s) mesma(s);

- avaliar se o número de MIs envolvidas nos PIs Multimodais de cada classe de PI (PII ou PIR) é sempre o mesmo ou, então, se este varia em número.

Por outro lado, a análise e classificação de PIs deve ainda debruçar-se sobre o modo como as MIs recorridas são seleccionadas. Neste contexto, defende-se que tanto um PI Unimodal como um PI Multimodal pode possuir um carácter especializado, quando as MIs recorridas são as únicas passíveis de serem utilizadas no contexto do referido PI, ou adaptável, quando estas poderem ser seleccionadas de entre um conjunto de possíveis de utilizar. No caso de um PI Multimodal, concebe-se ainda a possibilidade de um carácter diferencial, quando a selecção de pelo menos uma das MIs recorridas possuir génese especializada e pelo menos outra possuir génese adaptável.

Este âmbito de classificação justifica ainda a identificação do agente responsável pela selecção das MIs de génese não especializada (se o emissor do PII ou se o seu receptor, no caso de PIs Unimodais ou Multimodais, ou ainda se ambos no caso de PIs Multimodais) e o porquê dessa responsabilidade de selecção (se imposta pelo interface, se opcional por competição entre agentes ou por colaboração entre estes).

Capítulo 5

ASSOCIAÇÃO DE DADOS MULTIMODAIS E/OU MULTIDIMENSIONAIS

NOTA INTRODUTÓRIA

No presente capítulo, analisam-se as estratégias possíveis de associação de dados multimodais, ao nível do posicionamento funcional da associação de MIs e, mais especificamente, de DIs serão alvo de análise. Ao contrário das dimensões de classificação anteriormente abordadas, existe reflexão académica amadurecida neste âmbito, embora esta se foque exclusivamente nas MIs e negligencie a importância de se ponderar a associação directa das DIs.

A análise de estratégias de associação dará origem a uma proposta de sistema de classificação que perspectiva as diferentes possibilidades de fusão de conteúdo informativo, assim como a sua eventual hibridização. Serão também analisados e classificados os objectivos específicos de associação de dados com origem em MIs distintas, sejam elas MIs Unidimensionais e/ou MIs Multidimensionais. A análise académica existente não se encontra consolidada mas potencia o desenvolvimento da proposta de sistema de classificação que se apresentará neste capítulo.

Por último, aborda-se o modo como o recurso a diferentes MIs e/ou DIs se articula no tempo, no âmbito do desenvolvimento de um PI, caracterizando-se contextos de utilização simultânea, alternada e híbrida. A análise académica, apesar de pouco desenvolvida, será previamente apresentada e servirá de base para a concepção do sistema de classificação proposto.

We are getting a whole new understanding of physiology and the work that's being done on the way in which the nerves operate is fascinating. And the relations [and] the resemblances between the brain's operations and the operations of a boarding analytical machine is a fascinating aspect of it.

Vannevar Bush (1963: 23'50'' - 24'10'')

1. CLASSIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ASSOCIAÇÃO DE DADOS MULTIMODAIS E/OU MULTIDIMENSIONAIS

A classificação das estratégias de fusão ao nível do posicionamento funcional da associação de MIs utilizadas no âmbito de HCI de carácter multimodal encontra desenvolvimento teórico sustentado e amadurecido na literatura da especialidade.

1.1. Estado da arte

O paradigma vigente na classificação de processos interactivos de carácter multimodal, no âmbito desta temática, é bem sintetizado por Atrey *et al* (2010) que, tendo procedido a um levantamento e análise detalhada de estudos empíricos de concepção de sistemas multimodais, distinguiram as diferentes abordagens adoptadas em relação às metodologias de associação de informação proveniente de diferentes modalidades.

Consideram existir três níveis de intervenção agregadora pertinentes nestes processos: o nível de fusão de características; o nível de fusão de semânticas; e uma fusão que implica o recurso simultâneo aos níveis de fusão de características e de semânticas, originando uma fusão híbrida.

A fusão de características, também designada de fusão precoce (*early fusion*), é descrita por Atrey *et al* (Idem) como o processo através do qual se extraem as características relevantes das modalidades individuais, sendo de seguida agregadas (sem se proceder a ilacções individuais) e gerada informação relevante com base no processamento conjunto das referidas características individuais. Por outras palavras, cada uma das características detectadas é encarada como sendo desprovida de um sentido próprio, sendo apenas através da sua análise conjunta que se concretiza a atribuição de um significado relevante.

Por sua vez, a fusão de semânticas, também designada de fusão tardia (*late fusion*), é descrita como o processo que permite a obtenção de um significado relevante com base na conjugação dos vários significados atribuídos autonomamente a cada uma das características individuais detectadas por modalidade.

Por fim, a fusão híbrida pressupõe a conjugação das duas abordagens anteriores, sendo o processo de fusão, constituído com vista à produção de um significado relevante global. Ou seja, é consequência de se processar o significado resultante através da análise conjugada das características individuais detectadas por duas ou mais modalidades e do posterior processamento deste significado em conjugação com o significado atribuído de modo autónomo a uma ou mais características detectadas individualmente.

Mas, como se disse, a atenção dada pelas comunidades académica e industrial a esta temática apresenta adequada sustentação e Atrey *et al* (2010) apenas sintetizam o estado da arte actual, corolário de um percurso de análise e classificação que importa destacar.

Clark e Yuille (1990) defendem que os algoritmos de fusão e combinação de dados provenientes de diferentes modalidades podem ser implementados através da aplicação de métodos de acoplamento forte ou de acoplamento fraco.

O acoplamento fraco refere-se à fusão de dados produzidos por módulos sensoriais de um modo que o seu funcionamento não seja afectado, enquanto que o acoplamento forte se refere aos processos de fusão em que os módulos sensoriais que produzem os dados a serem

fundidos se afectam mutuamente de algum modo. Assim, consideram que, sendo os dados provenientes de cada modalidade processados individualmente com vista à produção de inferências individuais que são posteriormente processadas em conjunto para a produção de uma inferência global, nos encontramos perante um acoplamento fraco de modalidades. Por outro lado, se os dados brutos provenientes das várias modalidades sofrerem imediato processamento conjunto, com vista à produção de uma inferência global, estaremos perante um acoplamento forte de dados. Trata-se de uma classificação que identifica dois extremos teóricos (forte *versus* fraco) do acoplamento de dados provenientes de diferentes módulos sensoriais, com o potencial de ser desdobrada em escalas de diferentes graus de força de acoplamento (e.g. uma escala de 3 níveis: fraco, mediano e forte) mas com o inconveniente de não existir um enquadramento mais rígido aplicado de modo objectivo e similar na classificação de todos os interfaces multimodais.

Por sua vez, Gourdol *et al* (1992) identificam três níveis de combinação (fusão) de dados provenientes das diferentes modalidades utilizadas numa HCI: fusão semântica; fusão sintáctica; e fusão lexical.

A fusão lexical corresponderá ao nível mais simples de fusão, em que se consideram apenas questões de ordem temporal (como a sincronização de eventos) e em que os dados a fundir têm origem em sensores modais equivalentes, que não necessitam de interpretação para serem posicionados a um nível técnico/conceptual comum (e.g. a fusão da informação proveniente de clique num rato com a informação proveniente do carregar numa tecla do teclado em simultâneo).

A fusão sintáctica e a fusão semântica, por sua vez, já necessitarão da transformação (interpretação) prévia dos dados provenientes de diferentes sensores modais em representações uniformes, pelo que carecem de um processo inicial de atribuição de significado individual aos dados obtidos separadamente.

No caso da fusão sintáctica, após a obtenção de uma representação uniforme aos dados provenientes de diferentes modalidades, procede-se à sua fusão para obter um significado global (e.g. clicar e seleccionar com o rato uma palavra num documento do processador de texto e oralmente dizer "apaga"), que corresponderá a um comando único do utilizador para o sistema informático.

No caso da fusão semântica, proceder-se-á à fusão de dois comandos autónomos já produzidos, dando origem a um novo comando com um significado distinto dos significados individuais originais (e.g. apontar com o dedo para um ficheiro no ambiente de trabalho e oralmente dizer "este ficheiro", seguido do apontar para uma pasta no ambiente de trabalho e oralmente dizer "ali").

Relativamente à proposta de Clark e Yuille (1990), verificamos em Gourdol *et al* (1992) um paralelismo entre as suas concepções de fusão sintáctica e de fusão semântica com o conceito de fraco acoplamento (mais fraco no caso da fusão semântica), assim como entre a sua concepção de fusão sintáctica e o conceito de forte acoplamento. Deste modo, assistimos com Gourdol *et al* (Idem) a um desenvolvimento granular que vem otimizar o processo de classificação da fusão de modalidades.

Nigay (1994) também aborda esta problemática, definindo fusão como o processo multimodal através do qual um conjunto de unidades de informação são combinadas de modo a formar novas unidades de informação e fissão como correspondendo ao processo inverso.

Defende que a fusão pode ocorrer a um nível de abstracção baixo ou a um nível de abstracção elevado. Ocorrerá a um nível de abstracção baixo se se proceder à combinação de unidades de informação de tal modo que estas, sem terem sido interpretadas individualmente, sejam processadas de forma a lhes ser atribuído um significado comum directo.

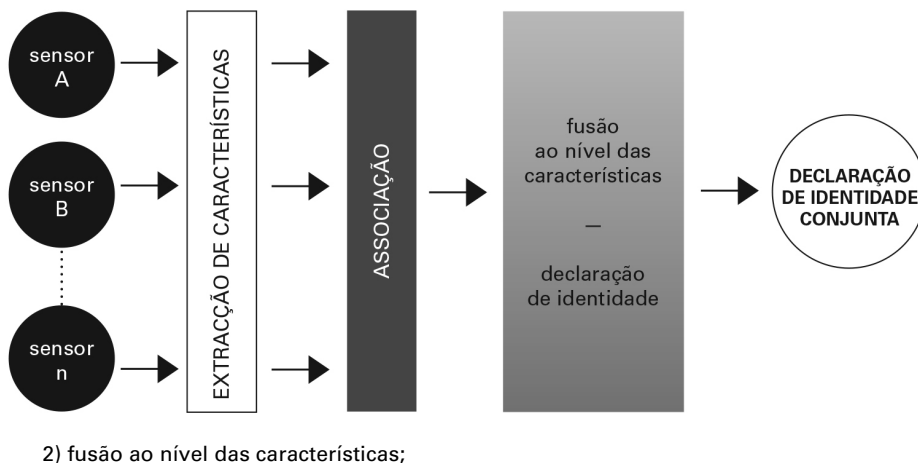
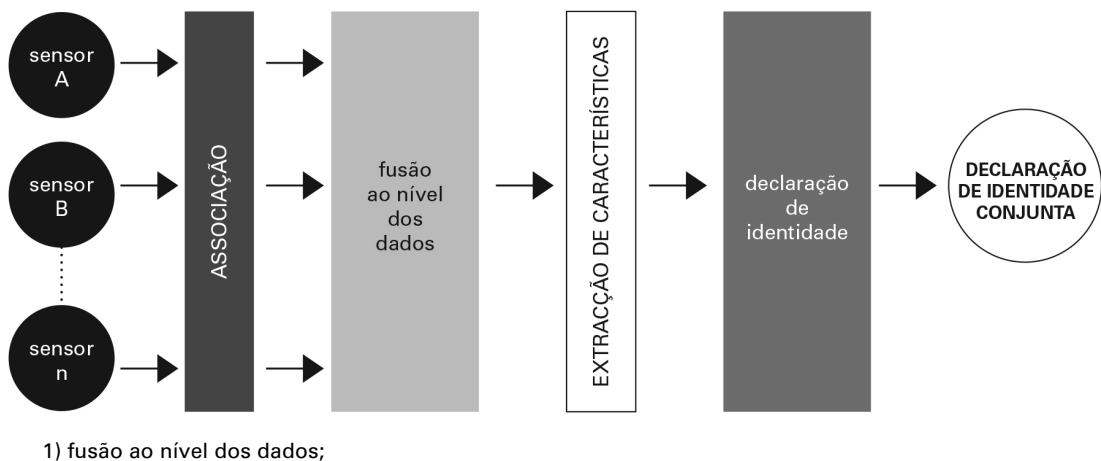
Por outro lado, ocorrerá a um nível de abstracção elevado se forem interpretadas individualmente e a fusão ocorrer ao nível dos significados, com vista à produção de um significado comum indirecto.

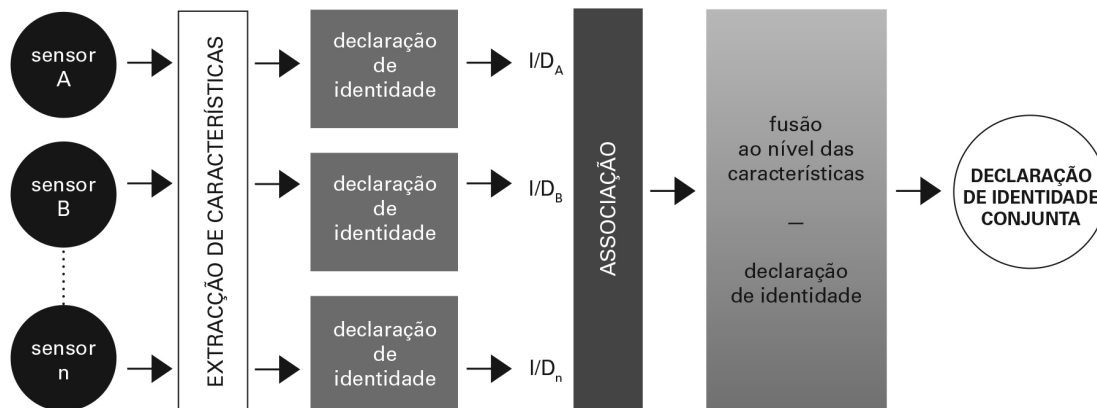
Nigay (Idem) adopta, tal como Clark e Yuille (Idem), uma abordagem que permite conjecturar uma escala indefinida para classificar o grau de abstracção envolvido na classificação da metodologia de fusão de dados, equivalendo formalmente a sua concepção de nível baixo de abstracção ao forte acoplamento de Clark e Yuille (Idem) e a de nível elevado de abstracção ao seu fraco acoplamento.

Hall e Llinas (1997), consideram que a caracterização fundamental da fusão de dados envolve uma transformação hierárquica, entre a informação providenciada por múltiplas fontes de *input*, e uma decisão ou inferência interpretativa (Fig. 19). Uma tal inferência visa a produção de dados específicos, unificados e compreensíveis relativos à identificação de uma

qualquer entidade observada em relação a outras entidades. Defendem que a combinação de dados (fusão) observados, pode ocorrer em três níveis distintos: ao nível dos dados recolhidos, tal como observados, sendo estes processados em bruto; ao nível das características, quando ocorre extracção das características representativas dos dados observados pelos vários sensores e estes são posteriormente concatenados numa única característica relevante; e ao nível da decisão, quando os dados observados por cada um dos sensores são apenas integrados após o seu processamento autónomo, correspondendo a fusão a um somatório das inferências individuais produzidas.

Figura 19. Estratégias de fusão de dados multimodais (Hall e Llinas, 1997)



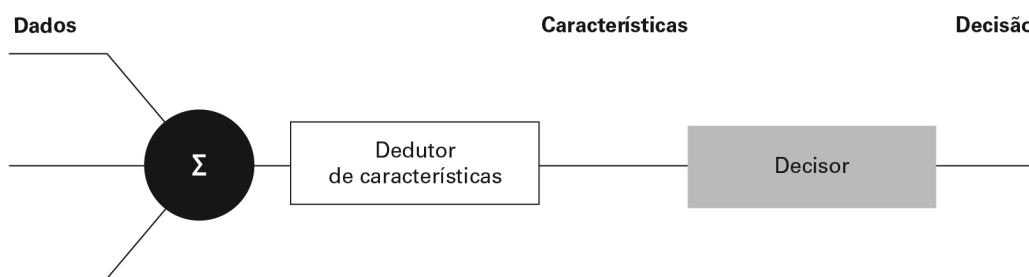


3) fusão no nível de decisão.

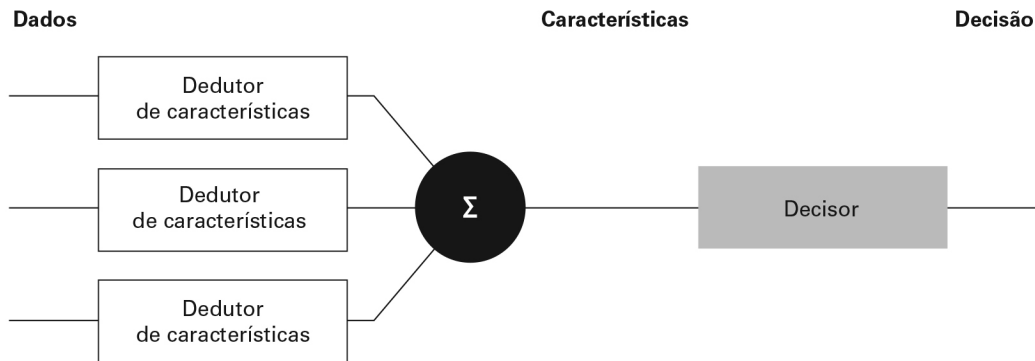
A proposta de classificação das metodologias de fusão de dados/modalidades apresentada por Hall e Llinas (1997) constitui-se como um enquadramento teórico sólido que posiciona três níveis de classificação, funcionalmente comparáveis com os apresentados por Gourdol *et al* (1992), num contexto de arquitectura de interfaces multimodais.

Uma tal arquitectura é bem explicitada por Sharma *et al* (1998) numa estratificação sequencial de três níveis (Fig. 20) — o nível de aquisição, o nível de reconhecimento, e o nível de decisão —, sujeitos a um quarto nível caracterizador: o nível da integração.

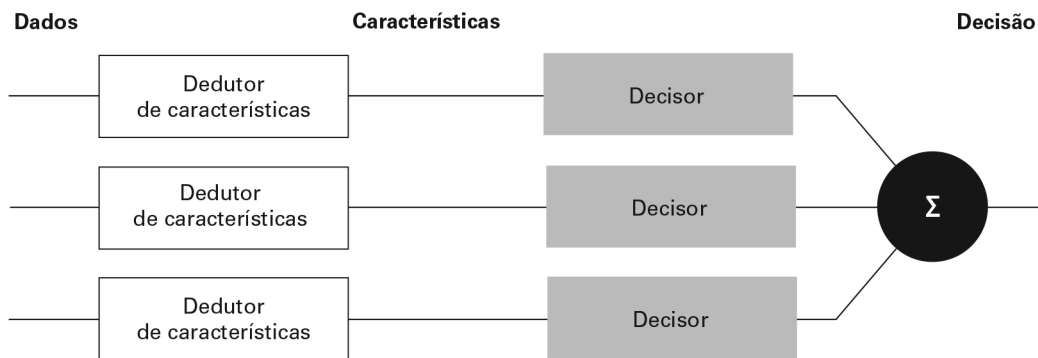
Figura 20. Estratégias de fusão de dados multimodais (Sharma *et. al.*, 1998)



1) fusão de dados



2) fusão de características



3) fusão de decisões

Sharma *et al* (1998) defendem que, ao contrário dos demais níveis (que se encontram forçosamente posicionados de modo sequencial: aquisição \rightarrow reconhecimento \rightarrow decisão), o nível de fusão (aquele em que os sinais informativos captados pelas várias modalidades são combinados) pode ser executado em três momentos-chave diferentes: imediatamente após o nível de aquisição (fusão de dados); imediatamente após o nível de reconhecimento (fusão de características); ou durante o nível de decisão (fusão de decisões).

A fusão no nível de aquisição é descrita como resultando da imediata fusão dos dados brutos captados (e.g. sinais eléctricos produzidos por dois microfones) e será pouco comum nas interações multimodais, caracterizadas por integrarem modalidades e sensores de naturezas relevantemente distintas que, consequentemente, implicam a produção de sinais suficientemente incompatíveis para a sua imediata fusão.

Deste modo, Sharma *et al* (Idem) consideram apenas relevantes, no âmbito da interacção

multimodal, a fusão no nível de reconhecimento e a fusão no nível de decisão.

Por sua vez, a fusão no nível de reconhecimento é descrita como ocorrendo após o processamento dos dados brutos provenientes de cada uma das modalidades, com vista ao levantamento das características do conteúdo informativo em cada uma captada, ocorrendo a fusão dessas características (que juntas proporcionarão posterior interpretação com vista à atribuição de um significado) e não dos dados em si.

Por fim, a fusão no nível de decisão ocorrerá apenas após ser atribuído um significado às características individuais provenientes de cada uma das modalidades, sendo conferido um significado global à fusão desses significados autônomos.

Os estudos de Hall e Llinas (1997), focados estritamente na aplicação e desenvolvimento de multimodalidade no reconhecimento e identificação de objectos de origem militar (eventualmente hostis), no âmbito do Departamento de Defesa Norte-Americano, revelam uma preocupação circunscrita, enquadrando-se a nomenclatura adoptada a este contexto.

Por sua vez, Sharma *at al.* (1998) desenvolvem uma metodologia de análise de âmbito genérico aplicada à interacção multimodal, adoptando uma terminologia mais abrangente.

Também Vo (1998) aborda a fusão de modalidades, considerando que estas poderão ser combinadas em vários níveis distintos. Ou seja, esta poderá ocorrer:

- através da fusão dos dados em bruto, correspondendo este ao nível semântico de fusão mais baixo;
- através da fusão das interpretações parciais, correspondendo este ao nível semântico mais elevado (cada modalidade é interpretada em separado, produzindo um valor semântico próprio e eventualmente incompleto, sendo os dados posteriormente agregados com vista à produção de uma interpretação completa);
- através da fusão de representações simbólicas intermédias, correspondendo este ao nível semântico intermédio (os dados brutos adquiridos através de cada uma das modalidades vêm-se convertidos numa representação mais conveniente à sua agregação (e.g. o discurso oral é convertido em texto ou o *input* de uma caneta virtual é convertido numa sequência de formas geométricas básicas), sendo estas posteriormente combinadas e interpretadas;

- através de uma fusão híbrida, ocorrendo em múltiplos níveis (*hybrid multi-level fusion*), em que a combinação ocorre de modo parcial ao longo dos diferentes níveis até à produção de uma interpretação final (e.g. fazendo com que a interpretação de uma modalidade ocorra de modo autónomo e a interpretação de uma outra modalidade seja influenciada por essa interpretação).

Vo (1998) refere, tal como Sharma *et al* (1998), que a fusão dos dados em bruto é difícil de conseguir atendendo à relativa dissemelhança conceptual e tecnológica que se encontra associada às várias modalidades/sensores modais, pelo que sugere que esta seja evitada ou mesmo ignorada. Por outro lado, Vo (Idem) distingue-se dos modelos propostos anteriormente, para a classificação e a análise de combinação de modalidades, pelo facto de acrescentar, aos três níveis de fusão admitidos anteriormente, a possibilidade de um quarto modelo de fusão e combinação de modalidades: o modelo híbrido.

A defesa de Sharma *et al* (Idem), assim como de Vo (Idem), de que a fusão de dados no nível de aquisição dificilmente é relevante no processamento multimodal, encontra eco em subsequentes análises e investigações que a omitem formalmente como possibilidade.

Respeitante à combinação de modalidades, Oviatt (2002) afirma serem dois os sub-tipos principais de arquitecturas multimodais: a integração de sinais ao nível das características (*feature level*), também designada por fusão precoce (*early fusion*); e a integração de informação ao nível das semânticas (*semantic level*), também designada por fusão tardia (*late fusion*).

Considera que a fusão precoce de características provenientes dos sinais adquiridos através de cada uma das modalidades, leva a que o processo de reconhecimento em cada uma seja influenciado pelo processo de reconhecimento das demais, dando origem à produção de uma interpretação única geral.

Por outro lado, a fusão semântica tardia origina o processamento autónomo dos sinais adquiridos em cada uma das modalidades através de significados de representação similar, sendo as informações produzidas agregadas posteriormente com vista à produção de uma interpretação conjunta final.

Verifica-se, de facto, que Oviatt (Idem) considera existir viabilidade técnica na combinação de dados multimodais nos dois níveis de maior abstracção, anteriormente propostos.

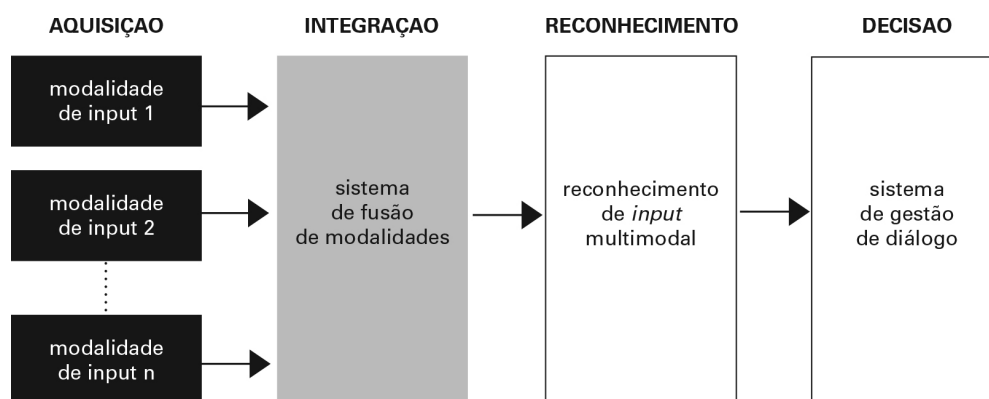
Por fim, também Oviatt (2002), tal como Vo (1998), considera a fusão híbrida como passível de adoção, considerando que o desenvolvimento de arquitecturas que recorram à fusão precoce para algumas modalidades e à fusão tardia para a sua combinação com outras modalidades, possui um potencial de robustez funcional superior ao das arquitecturas de fusão precoce ou de fusão tardia.

Mais recentemente, D'Ulizia (2009) considera (Fig. 21) que os sistemas multimodais homem-computador possuem uma arquitectura básica funcional constituída por quatro fases distintas: a aquisição, o reconhecimento, a integração e a decisão.

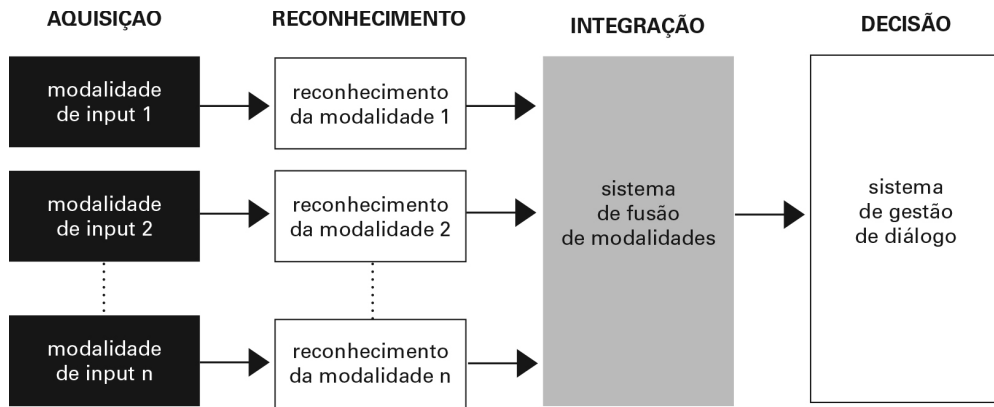
A aquisição corresponde à captação dos sinais pelo sistema informático, o reconhecimento corresponde à atribuição de um significado aos sinais, a integração corresponde à fusão dos significados provenientes de cada uma das modalidades e a decisão corresponde à produção por parte do sistema informático de uma resposta à solicitação percebida.

Defendendo que as fases de aquisição, reconhecimento e decisão serão necessariamente consecutivas, D'Ulizia (Idem) salienta que o posicionamento da fase de integração dependerá do sistema multimodal concebido. Assim, poderá ocorrer antes da fase de reconhecimento, antes da fase de decisão ou integrada na própria fase de decisão. Deste modo, ter-se-ão as seguintes arquitecturas de fusão de modalidades ao nível de sistemas multimodais: fusão ao nível dos sinais; fusão ao nível do reconhecimento; e fusão ao nível da decisão.

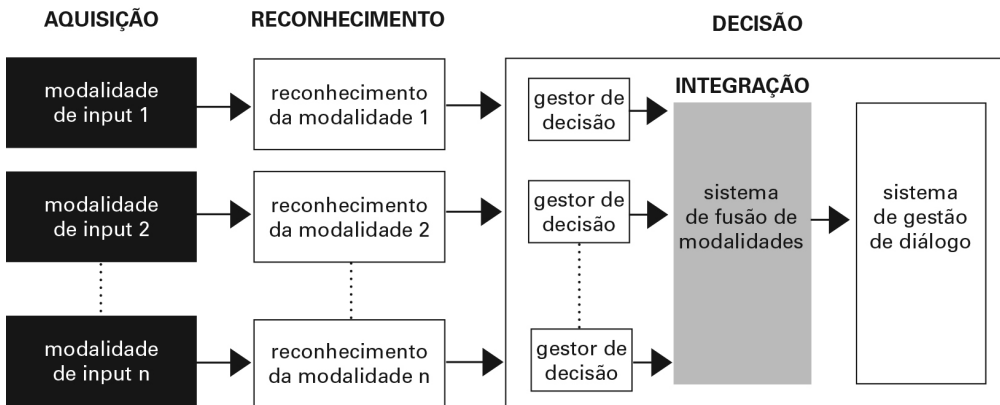
Figura 21. Estratégias de fusão de dados multimodais (D'Ulizia, 2009)



1) fusão ao nível dos sinais



2) fusão ao nível do reconhecimento



3) fusão no nível de decisão

Defendendo também que a fusão ao nível dos sinais será de difícil implementação, D'Ulia (2009) entende que as estratégias de fusão de modalidades relevantes poderão ser genericamente classificadas em três classes: estratégia de fusão baseada no reconhecimento (*recognition-based*); estratégia de fusão baseada na decisão (*decision-based*); e estratégia de fusão híbrida em múltiplos níveis (*hybrid multi-level*). D'Ulia (Idem) considera que a estratégia de fusão baseada no reconhecimento (*recognition-based*), corresponde ao processamento de modo integrado da informação veiculada por cada uma das modalidades envolvidas. Por sua vez, a estratégia de fusão baseada na decisão (*decision-based*), corresponde à interpretação individual da informação veiculada por cada uma das modalidades, sendo todas estas interpretações individuais posteriormente integradas com vista à produção de uma interpretação global. Por fim, a estratégia de fusão híbrida em múltiplos níveis (*hybrid multi-level*), corres-

ponde à distribuição da integração dos diferentes sinais de *input* ao longo dos níveis de aquisição, de reconhecimento e de decisão.

1.2. Proposta de sistema de classificação de estratégias de associação de dados multimodais

É com base em todo este percurso de análise e classificação que se entende que a síntese de Atrey *et al* (2010), apresentada inicialmente, corresponde a uma visão conceptualmente amadurecida e academicamente estabelecida, cuja a única lacuna que se enuncia será a opção pela desconsideração do potencial da imediata associação de sinais em bruto, após a sua aquisição.

Esta desconsideração dos autores é por eles justificada com base em constrangimentos técnicos. Contudo, como se afirmou e se defendeu ao longo desta tese, as limitações tecnológicas não devem ser incorporadas em modelos teóricos nem entendidas como obstáculo aos processos de sistematização e de classificação adoptados.

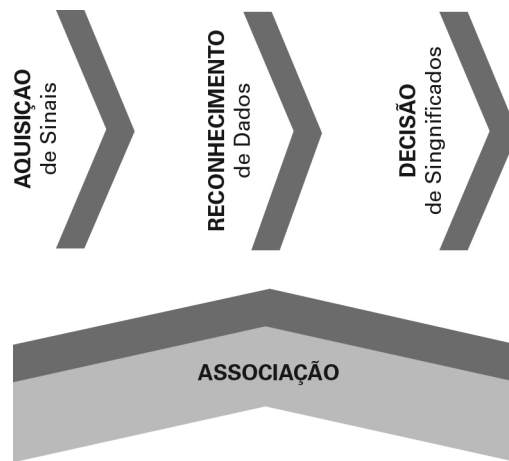
Por outro lado, entende-se que a não consideração de uma imediata associação dos sinais em bruto resulta da adopção de modelos teóricos simplistas. De facto, se se adoptar, como defendido na presente tese, uma definição de MIs decomposta em MOs e CIs, facilmente se pode perspectivar, por exemplo, um PI Multimodal Unidimensional (duas ou mais MIs, cada uma delas com apenas uma DI) em que os CIs de cada MI possuam a mesma natureza sensorial e as suas MOs possuam diferente natureza sensorial. Deste modo, a diferença de natureza sensorial das MOs em nada interfere com a aquisição de sinais de natureza idêntica e sua imediata associação.

Atente-se ainda que os objectivos de interacção (assim como os de associação de dados) podem ser estabelecidos pelo agente receptor do PI e o significado global a produzir pode ter um carácter, por exemplo, artístico através da fusão de sinais de características díspares. Por exemplo, no âmbito da arte multimédia, nada impede que uma instalação interactiva funda os sinais eléctricos provenientes de uma câmara de vídeo que filma as pessoas que passam com os sinais eléctricos adquiridos por um microfone que grava o som envolvente. Neste exemplo,

teremos duas MIs em que tanto as MOs como os CIs possuem natureza sensorial distinta.

Assim, a proposta de modelo de análise de estratégias de associação de dados multimodais (Fig. 22.1), fundamenta-se na defesa de que a adequada classificação do posicionamento da fusão no processo de associação de dados, deve perspectivar as três estratégias enunciadas na literatura revista e uma quarta assente na hibridização das anteriores.

Figura 22.1. Proposta de modelo geral de estratégias de associação de dados multimodais (i)



Esta proposta defende um modelo de processos de fusão que integra três eventos-base com vista à atribuição de um significado global a partir das diferentes modalidades utilizadas durante um processo interactivo e que ocorrem numa sequência padrão: a aquisição (que origina sinais); o reconhecimento (que converte sinais em dados); e a decisão (que atribui significados a dados). Estes três eventos encontram também posicionamento num qualquer PI Unimodal, com a diferença que encerram em si o desenvolvimento do mesmo. No contexto de um PI Multimodal, para além destes, verifica-se a existência de um evento-chave que se vê integrado no referido fluxo de acordo com a opção de design de interface e engenharia: a associação.

Apresenta-se, deste modo, a proposta de sistema de classificação de estratégias de associação de dados multimodais (Quadro 14.1), seguida da sua representação gráfica (Fig. 22.2).

Quadro 14.1. Classificação de estratégias de associação de dados multimodais (i)

1. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais após o Nível de Aquisição** — procede à associação de sinais em bruto imediatamente após a sua aquisição por parte dos sensores modais (a aquisição dos sinais em bruto é seguida da sua conversão num conjunto único de dados reconhecidos pelo sistema e, posteriormente, por uma atribuição de significado único; trata-se do nível de abstracção concebível mais baixo para a fusão de MIs).
2. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados após o Nível de Reconhecimento** — procede à associação de dados previamente reconhecidos individualmente com base nos sinais adquiridos por cada sensor modal (a aquisição dos sinais em bruto de naturezas distintas é seguida da sua conversão em dados que partilham uma linguagem de apresentação comum, sendo posteriormente alvo de atribuição de um significado único).
3. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados durante o Nível de Decisão** — procede à associação de significados individuais atribuídos previamente com base nos sinais adquiridos por cada sensor modal (a aquisição dos sinais em bruto de naturezas distintas é seguida da sua conversão em dados que partilham uma linguagem de apresentação comum, sendo posteriormente alvo de atribuição de um significado individual a cada conjunto de dados que, finalmente, se verão associados na criação de um significado total; trata-se do nível de abstracção concebível mais elevado para a fusão de MIs).
4. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida** — associa as várias MIs de um modo heterogéneo, concretizando-se esta associação parcialmente através dos diferentes níveis do processo de fusão multimodal (após o nível de aquisição, após o nível de reconhecimento e durante o nível de decisão), com vista à atribuição de um significado global aos sinais adquiridos por cada sensor modal.

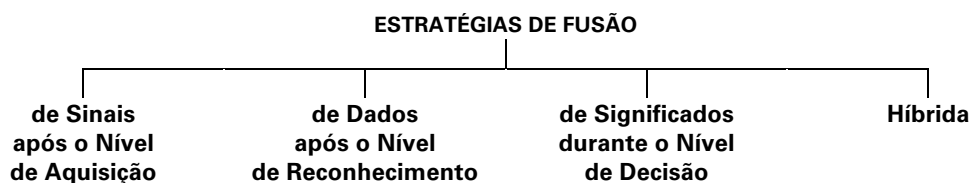
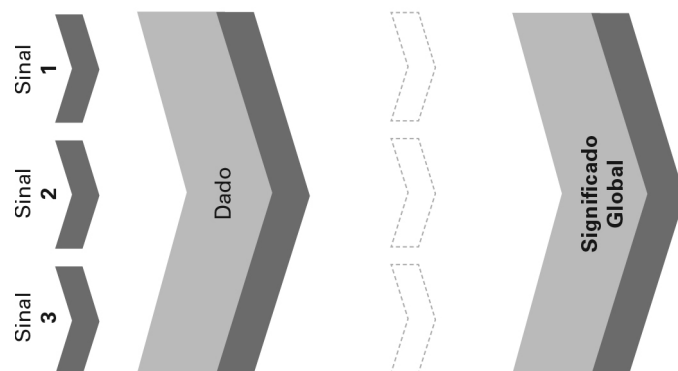
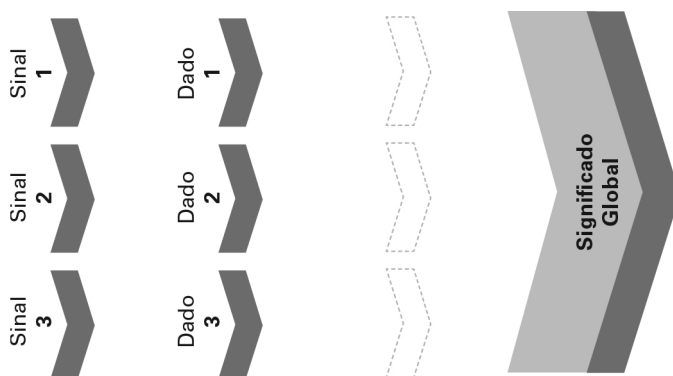
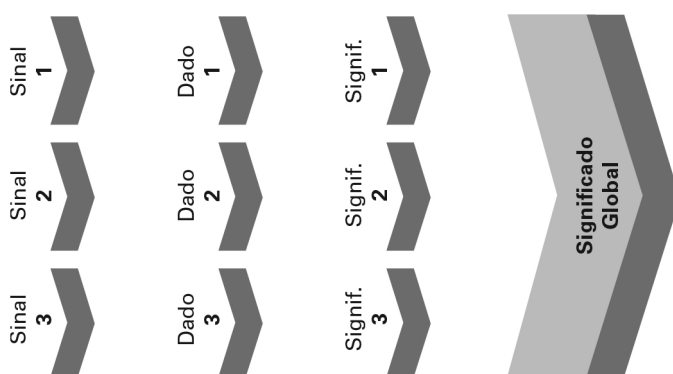


Figura 22.2. Proposta de modelo de estratégias de associação de dados multimodais (ii)

1) fusão de sinais após o nível de aquisição



2) fusão de dados após o nível de reconhecimento



3) fusão de significados durante o nível de decisão.

As estratégias de fusão podem ainda ser especificadas em Puras (se todos os sinais sofrerem associação no referido nível do processo de fusão) ou em Impuras (se uma parte pouco relevante dos mesmos sofrer associação noutro nível). Concretiza-se, deste modo, a distinção en-

tre estratégias de fusão que se assumam como predominantes, embora não unânimes (estratégias impuras), de estratégias de fusão assumidamente híbridas. A umas e a outras correspondem diferentes opções de engenharia, apesar de se reconhecer a existência de uma carga subjectiva associada à aferição do conceito de *relevância relativa* na classificação duma estratégia de fusão em impura ou em híbrida. No entanto, justifica-se a sua distinção (Quadro 14.2). Apresentam-se ainda as estratégias de fusão híbrida possíveis, assim como a sua representação gráfica (Fig. 22.3).

Quadro 14.2. Classificação de estratégias de associação de dados multimodais (ii)

1. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais após o Nível de Aquisição — *classe caracterizada anteriormente.*

1.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Pura — os sinais provenientes de todos os sensores modais são associados imediatamente após a sua aquisição.

1.B ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Impura — os sinais da clara maioria dos sensores modais são associados imediatamente após a aquisição, sendo os demais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

2. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados após o Nível de Reconhecimento — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Pura — os sinais provenientes de todos os sensores modais são previamente reconhecidos individualmente com base nos sinais adquiridos.

2.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Impura — os sinais provenientes da clara maioria dos sensores modais são previamente reconhecidos individualmente com base nos sinais adquiridos, sendo os demais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

3. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados durante o Nível de Decisão — *classe caracterizada anteriormente.*

3.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados Pura — os sinais provenientes de todos os sensores modais sofrem a prévia atribuição de significados individuais com base nos sinais adquiridos.

3.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados Impura — os sinais provenientes da clara maioria dos sensores modais sofrem a prévia atribuição de significados individuais, sendo demais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

4. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida — classe caracterizada anteriormente.

4.A **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Integral** — associa os vários sinais através dos três níveis do processo de fusão multimodal.

4.B **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária** — associa os vários sinais através de dois dos três níveis do processo de fusão multimodal.

4.B.1. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Precoce** — associa os vários sinais através da fusão de sinais e da fusão de dados.

4.B.2. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Tardia** — associa as várias MIs através da fusão de dados e da fusão de significados.

4.B.3. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária de Ponte** — associa as várias MIs através da fusão de sinais e da fusão de significados.

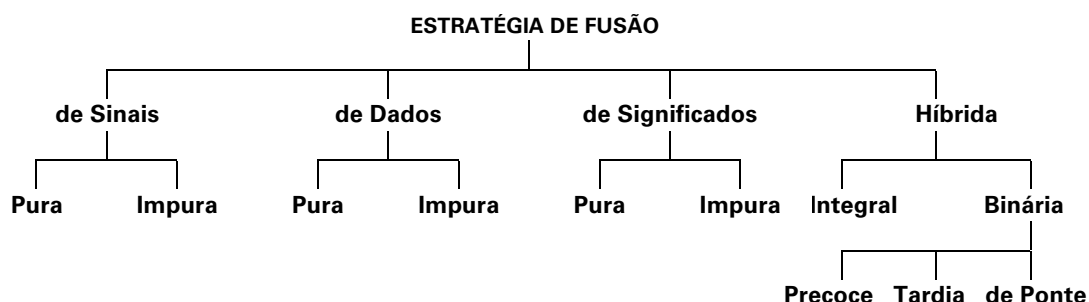
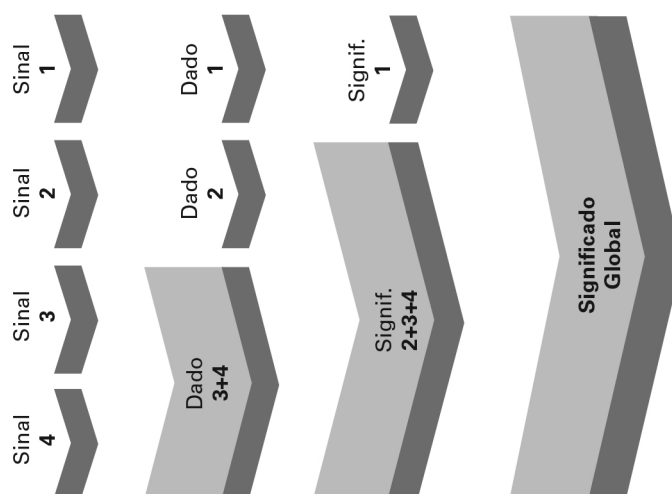
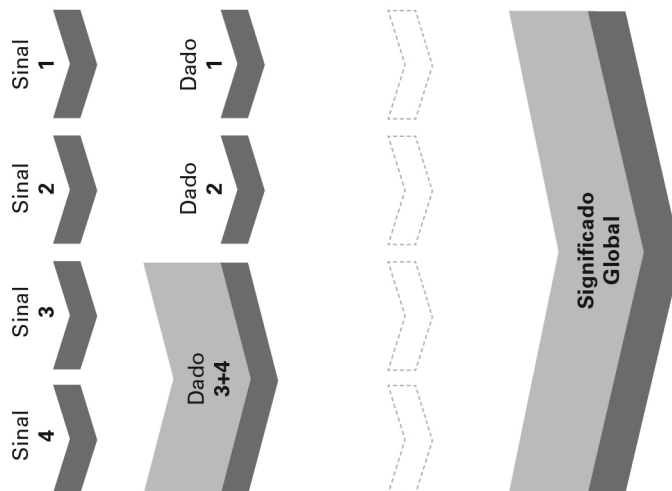


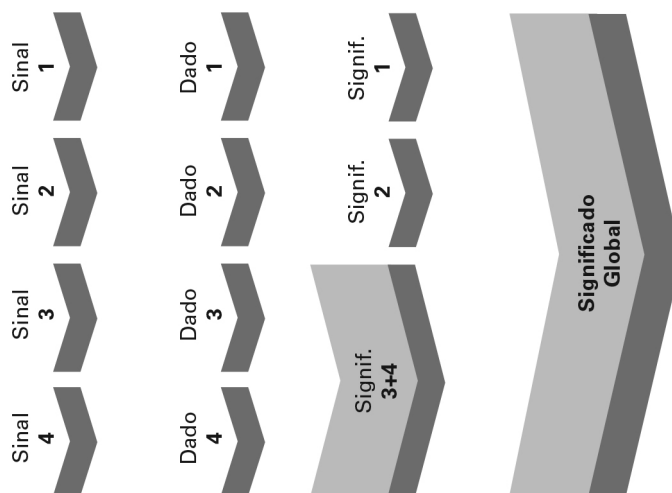
Figura 22.3. Proposta de modelo de estratégias híbridas de associação de dados multimodais



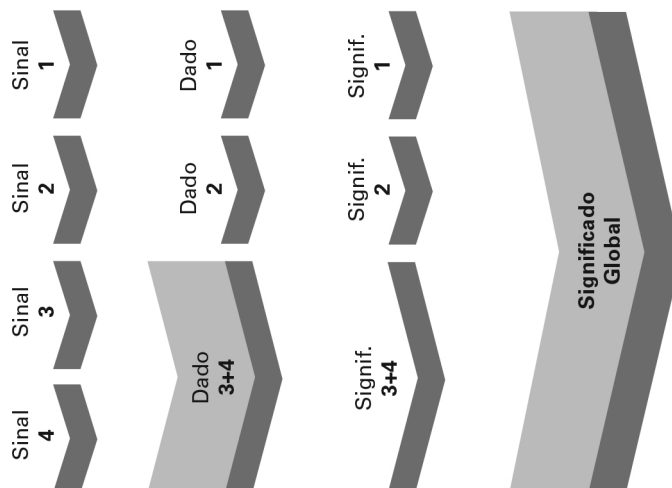
1) fusão híbrida integral



2) fusão híbrida binária precoce



3) fusão híbrida binária tardia



4) fusão híbrida binária de ponte

1.3. Proposta de sistema de classificação de estratégias de associação de dados multidimensionais

A análise às estratégias de associação de dados multimodais não deve ser abandonada sem que se pondere a fusão de dados multidimensionais, atendendo à importância que se atribui ao recurso a MIs que permitam o processamento de diferentes DIs (seja ao nível de PIs Unimodais ou de PIs Multimodais).

De facto, também os sinais adquiridos multidimensionalmente podem ser sujeitos às referidas quatro estratégias-base de fusão (e demais sub-níveis de classificação).

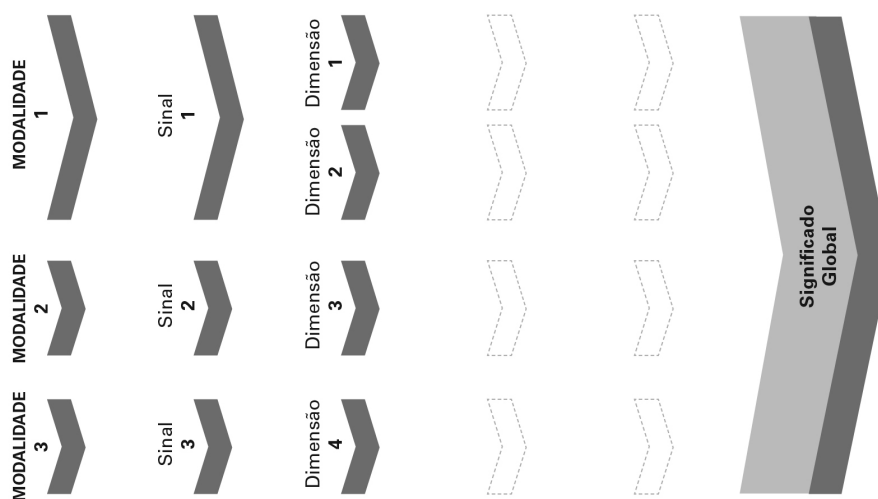
Deste modo, é possível perspectivar o desenvolvimento de PIs Multimodais que, integrando uma ou mais MIs Multidimensionais, poderão ser alvo de estratégias de fusão que passem pela prévia atribuição de significado aos sinais multidimensionais de cada MI.

Por outro lado, esta possibilidade não se constitui como um imperativo, podendo em alternativa assistir-se à aplicação de estratégias de fusão que visem a combinação de DIs provenientes de distintas MIs e em que pelo menos uma possua carácter multidimensional, não sendo alvo de prévia associação interna.

A este propósito, apresentam-se alguns exemplos do âmbito da multimodalidade:

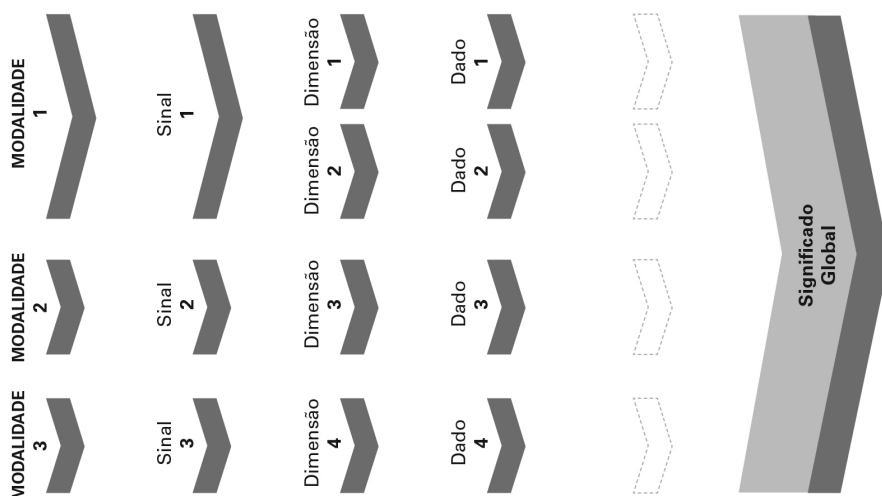
Exemplo 1. Aplicação de uma estratégia de fusão dos sinais provenientes de duas ou mais MIs em que pelo menos uma delas possui um carácter multidimensional. Neste exemplo, teremos todas as DIs envolvidas, independentemente da MI de proveniência, a serem integradas de imediato num único conjunto de dados ao qual se atribuirá posteriormente um significado global.

Figura 23. Exemplo de estratégia de fusão dos sinais a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais



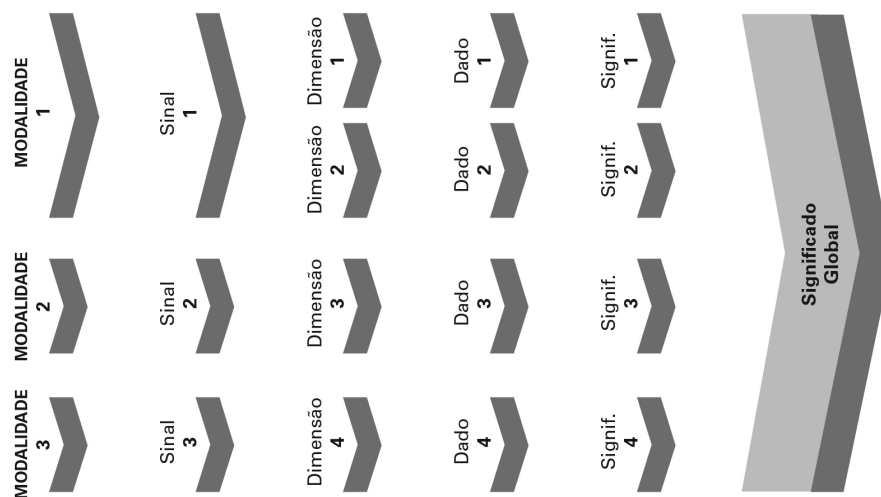
Exemplo 2. Aplicação de uma estratégia de fusão dos dados reconhecidos individualmente, no âmbito de cada DI, provenientes de duas ou mais MIs em que pelo menos uma delas possui um carácter multidimensional. Neste exemplo, teremos todas as DIs envolvidas, independentemente da MI de proveniência, a serem previamente convertidos em dados que partilham uma linguagem de apresentação comum, sendo posteriormente alvo de atribuição de um significado único.

Figura 24. Exemplo de estratégia de fusão dos dados a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais



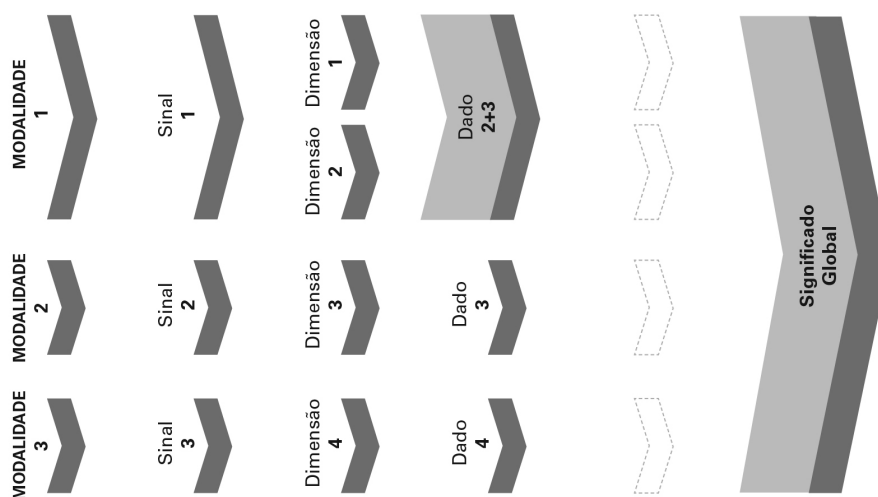
Exemplo 3. Aplicação de uma estratégia de fusão dos significados, durante o nível de decisão, atribuídos individualmente a cada DI, provenientes de duas ou mais MIs em que pelo menos uma delas possui um carácter multidimensional. Neste exemplo, teremos todas as DIs envolvidas, independentemente da MI de proveniência, a verem os seus sinais em bruto de naturezas distintas serem convertidos em dados que partilham uma linguagem de apresentação comum, sendo posteriormente alvo de atribuição de um significado individual a cada conjunto de dados que, finalmente, se verão associados na criação de um significado total.

Figura 25. Exemplo de estratégia de fusão dos significados a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais



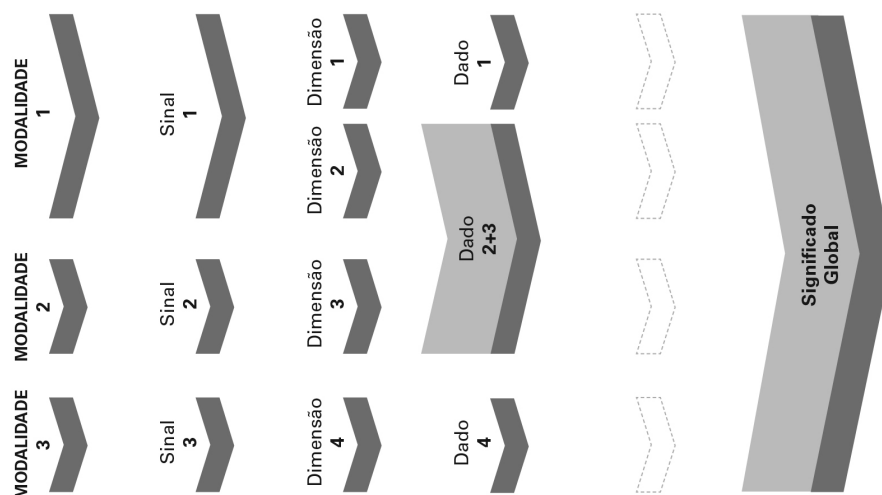
Exemplo 4. Aplicação prévia de uma estratégia de fusão às várias DIs provenientes de cada uma das MIs de carácter multidimensional (fusão híbrida) antes de se aplicar uma estratégia de fusão que vise a integração das várias MIs e a criação de um significado global.

Figura 26. Exemplo de estratégia de fusão híbrida a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais (Hip. 1)



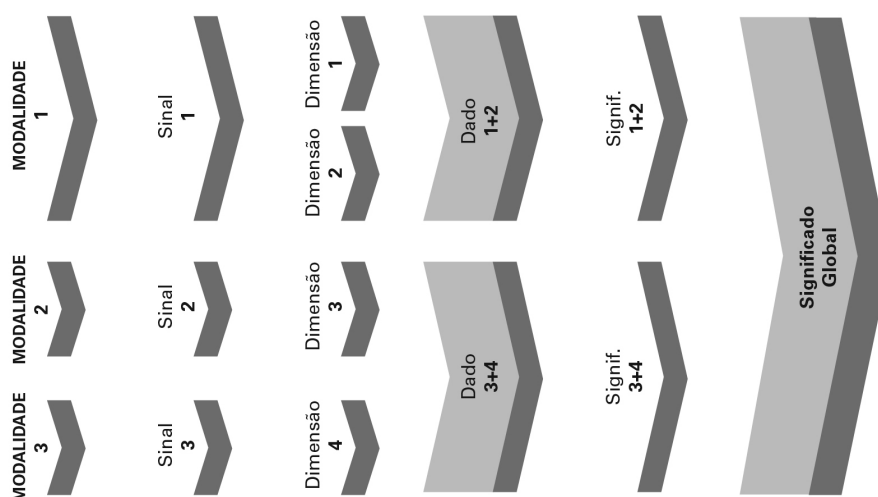
Exemplo 5. Aplicação prévia de uma estratégia de fusão a um ou mais conjuntos de DIs provenientes de diferentes MIs (fusão híbrida) e aplicação posterior de uma estratégia de fusão que vise a criação última de um significado global.

Figura 27. Exemplo de estratégia de fusão híbrida a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais (Hip. 2)



Exemplo 6. Aplicação prévia de uma estratégia de fusão a um ou mais conjuntos de DIs provenientes de uma mesma MI (fusão híbrida), acompanhada da aplicação prévia de uma estratégia de fusão a um ou mais conjuntos de DIs provenientes de diferentes MIs, sendo posteriormente alvo de uma estratégia de fusão que vise a criação última de um significado global.

Figura 28. Exemplo de estratégia de fusão híbrida a partir de modalidades de interacção unidimensionais e multidimensionais (Hip. 3)



Qualquer um dos exemplos acima descritos descreve a ocorrência de um PI Multimodal em que pelo menos uma das MIs possui carácter multidimensional. Este conjunto de exemplos visa a explicitação de que o processamento de DIs em MIs de carácter multidimensional não se encontra subjugado a um qualquer constrangimento técnico ou conceptual, devendo ser promovida a melhor solução para a prossecução dos objectivos de interacção em causa.

Deste ponto de vista, defende-se que não deve ser atribuída, por princípio, qualquer relevância à proveniência individual de cada uma das DIs, em termos da sua MI, do mesmo modo que este factor não determina a estratégia de fusão a ser implementada.

Por outro lado, também no contexto de PIs Unimodais Multidimensionais (aqueles em

que se recorre a uma única MI de carácter Multidimensional) se deve equacionar uma abordagem livre de constrangimentos na determinação da estratégia de fusão a adoptar.

Atente-se que não se propõe qualquer desenvolvimento granular à proposta de sistema de classificação de estratégias de fusão que vise uma diferenciação entre MIs Unidimensionais e Multidimensionais e que, cumulativamente, discrimine as estratégias de fusão aplicadas a DIs provenientes das diferentes MIs Multidimensionais (quando existentes).

De facto, entende-se que no contexto de um qualquer PI, deve ser valorizado o conteúdo informativo. Este assenta nas DIs processadas que servem de veículo para o seu transporte.

Deste modo, a proposta de sistema de classificação deve ser adaptada (Quadro 15) de forma a que o enfoque se transfira para as DIs. Uma tal opção descreve de modo mais abrangente e analítico o potencial de diversidade da HCI.

Quadro 15. Classificação de estratégias de associação de dados multidimensionais

1. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de sinais após o Nível de Aquisição — procede-se à associação de sinais em bruto imediatamente após a sua aquisição.

1.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Pura — todos os sinais adquiridos das várias DIs são associados imediatamente após a sua aquisição.

1.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Impura — os sinais adquiridos da clara maioria das DIs são associados imediatamente após a sua aquisição, sendo os demais sinais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

2. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados após o Nível de Reconhecimento — procede-se à associação de dados reconhecidos individualmente.

2.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Pura — os vários sinais adquiridos das várias DIs são previamente reconhecidos de modo individual.

2.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Impura — a clara maioria dos sinais adquiridos são previamente reconhecidos de modo individual, sendo os demais sinais adquiridos associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

3. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados durante o Nível de Decisão — procede-se à associação de significados atribuídos individualmente.

3.A. Fusão de Significados Pura — todos os sinais adquiridos originam uma prévia atribuição de significados individuais.

3.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados Impura — a clara maioria dos sinais adquiridos originam uma prévia atribuição de significados individuais, sendo os demais sinais adquiridos associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

4. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida — procede-se à associação das várias DIs de um modo heterogéneo, concretizando-se esta associação parcialmente através de diferentes níveis do processo de fusão, com vista à atribuição de um significado global ao conjunto dos sinais adquiridos.

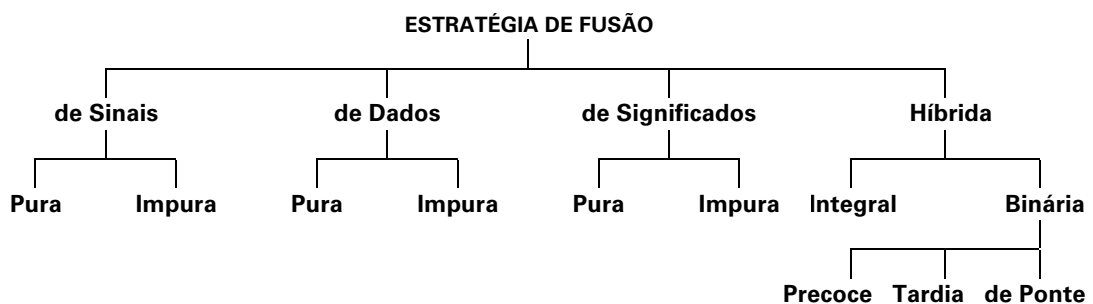
4.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Integral — associa as várias DIs através dos três níveis do processo de fusão.

4.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária — associa as várias DIs de através de dois dos três níveis do processo de fusão multimodal.

4.B.1. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Precoce — associa as várias DIs através da associação de sinais e da associação de dados.

4.B.2. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Tardia — associa as várias DIs através da associação de dados e da associação de significados.

4.B.3. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária de Ponte — associa as várias DIs através da associação de sinais e da associação de significados.



2. CLASSIFICAÇÃO DE OBJECTIVOS DE ASSOCIAÇÃO DE DADOS MULTIMODAIS E/OU MULTIDIMENSIONAIS

A associação de dados multimodais deve contribuir para o cumprimento de objectivos específicos bem definidos ao nível da concepção e desenvolvimento de soluções de interface.

Esta dimensão de análise possui afinidades classificativas com a anteriormente desenvolvida (estratégias de associação), sendo por vezes, academicamente abordada em conjunto, sem que ocorra uma devida separação.

2.1. Estado da arte

Foi realizada anteriormente uma análise e classificação de um ponto de vista de conjugação técnica de DIs — estratégias de associação — com aplicação relevante ao nível do desenvolvimento de PIs. Adopta-se, agora, um ponto de vista teórico na associação de DIs. Se, por um lado, a anterior análise visava responder à pergunta "como?", procura-se agora a resposta à pergunta "para quê?".

Martin (1997), tal como referido anteriormente, defende que a cooperação entre modalidades numa interacção pode ocorrer de seis modos diferentes. No actual contexto de análise, são de particular relevância os seguintes: por Redundância, quando várias modalidades processam em paralelo o mesmo conteúdo informativo; por Complementaridade, quando as várias modalidades utilizadas processam diferentes partes do conteúdo informativo, sendo estas posteriormente agregadas de modo a produzir um significado único; e por Co-ocorrência, quando as várias modalidades utilizadas processam diferentes partes do conteúdo informativo, mas estas não serão agregadas posteriormente e produzem significados distintos. De facto, estes três correspondem à tipificação de diferentes objectivos subjacentes à associação de DIs.

Maybury e Wahlster (1998), por sua vez entendem que, para além dos tradicionais objectivos de facilidade de aprendizagem/utilização e de transparência, um interface inteligente deverá possuir a capacidade de melhorar a interacção através da compreensão de dados multimodais ambíguos, imprecisos ou parciais, para além de conseguir apresentar dados de forma multimodal, coerentes e coesos. Trata-se de uma análise que integra o entendimento de que a multimodalidade pode ocorrer com vista à recolha redundante de dados adquiridos através de mais do que uma MI.

Também abordada anteriormente, a análise de Maes e Saraswat (2003) identifica dois modos de conjugação de MIs distintos no âmbito dos processos de interacção multimodal: a Multimodalidade Suplementar e a Multimodalidade Complementar. A classe de Multimodalidade Suplementar encontra paralelismo na de Cooperação por Redundância de Martin (1997), sendo entendida como resultando de uma interacção em que, apesar de se recorrer a mais do que uma modalidade, qualquer uma delas permitiria levar a cabo individualmente a interacção desejada pelo utilizador. Por sua vez, a Multimodalidade Complementar encontra paralelismo na Cooperação por Complementaridade de Martin (Idem), sendo entendida como resultando de uma interacção em que cada uma das modalidades utilizadas cumpre objectivos próprios e individuais associados à interacção em desenvolvimento, sendo necessária a utilização das várias modalidades para a produção de um significado.

Por sua vez, Pastra e Wilks (2004) consideram que a interacção multimodal requer necessariamente a integração dos conteúdos/significados das modalidades envolvidas, pelo que qualquer agregação de resultados obtidos sequencialmente (através de processos dependentes de modalidades específicas) não se encontra abrangida por esta definição. Isto é, definem como *quasi-integração* a simples adição de resultados obtidos, processados e interpretados autonomamente através de distintas modalidades. Esta decomposição sumária remete indirectamente para um sistema de classificação dicotómico, em que apenas dois níveis de análise se encontram presentes: a verdadeira fusão, qualquer que seja o seu nível de integração; e uma pseudo-fusão, em que apenas se agregam significados autónomos, sem qualquer intenção de verdadeira construção de um significado comum. Pastra e Wilks (Idem) não apresentam, no entanto, uma classificação desenvolvida destas duas classes.

James e Gurram (2009), abordados anteriormente, propõem sumariamente a complementaridade e a redundância como opções de conjugação de modalidades de interacção de âmbito multimodal, limitando deste modo a sua análise a esta dimensão de classificação.

Também Bourguet (2009) entende que a combinação de modalidades pode assumir a forma de redundância ou de complementaridade. A sua combinação assumir-se-á: Redundante, quando as modalidades em uso transmitirem a mesma informação (promovendo a precisão no reconhecimento da mensagem comunicada e a robustez geral da interacção); ou Complementar, quando cada uma delas transmitir apenas uma parte da mensagem cuja totalida-

de será construída pela fusão das partes (promovendo a flexibilidade e a eficiência da interacção). Por outro lado, entende que a combinação de MIs pode desempenhar os papéis de desambiguação, suporte ou modulação. Assim, a sua combinação terá o papel de: Desambiguação, quando a integração de mensagens ambíguas resultar na resolução da ambiguidade subjacente a cada uma delas; Suporte, quando uma das MIs (modalidade de suporte) assume o papel de realçar a mensagem transmitida por outra MI (modalidade dominante); ou Modulação, quando uma das MIs transmite uma mensagem que altera a percepção da mensagem transmitida por outra MI. Uma análise a esta especificação permite concluir que tanto a desambiguação, como o suporte e a modulação correspondem a processos apenas passíveis de ocorrer através de uma combinação complementar. De facto, a combinação redundante pressupõe a aquisição do mesmo conjunto de dados (e, consequentemente, da mesma mensagem) através de diferentes MIs. Deste modo, apenas através da aquisição de conjuntos de dados distintos (embora integrantes da mesma mensagem) através de diferentes MIs será possível o cumprir dos objectivos associados às referidas especificações.

2.2. Proposta de sistema de classificação de objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais

Também aqui se defende a necessidade de abordar o eventual recurso a MIs Multidimensionais, pelo que todo o sistema de classificação proposto (Quadro 16.1) se encontra descrito do ponto de vista das DIs e não do ponto de vista das MIs (que poderão ser unidimensionais e/ou multidimensionais, dependendo do contexto de interacção).

Quadro 16.1. Classificação de objectivos de associação de dados multidimensionais (i)

1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão — compreende o PI Unimodal Multidimensional ou o PI Multimodal em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias DIs sofrem um processo de atribuição de sentido global conjugado.

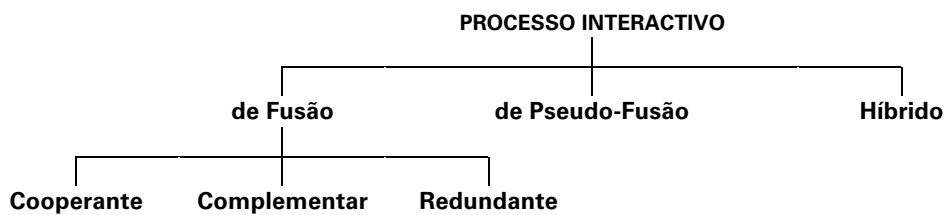
1.A. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante — cada uma das DIs adquire parte do conjunto de dados a processar com vista à produção de um sentido global conjugado, não sendo possível atribuir significados individuais autónomos.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Complementar — o conjunto de dados adquiridos através de pelo menos uma das DIs é utilizado de modo a complementar o conteúdo informativo — que existe por si mesmo e com significado próprio construído — adquirido através de uma outra DI, dando origem à formação de um significado conjugado que será, em maior ou menor grau, distinto do significado construído pela última.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Redundante — cada uma das DIs adquire a totalidade do conjunto de dados a processar, sendo construídos significados individuais para uma mesma mensagem, com vista à produção de um sentido global em que estes são comparados e se minimiza o potencial de imprecisões e erros de aquisição de dados.

2. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão — compreende o PI Unimodal Multidimensional ou o PI Multimodal em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias DIs não sofrem um processo de construção de significado conjugado, adquirindo cada uma delas conteúdo informativo particular ao qual é atribuído significado autónomo.

3. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido — compreende o PI Unimodal Multidimensional ou o PI Multimodal em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias DIs são processados de um modo heterogéneo, concretizando-se esta associação parcialmente através de diferentes níveis do processo de fusão e/ou de pseudo-fusão, com vista à produção de um ou mais significados globais.



Repare-se que o PI de Pseudo-Fusão possui um carácter inusitado, em face da dimensão de classificação e do modelo teórico adoptado. Por exemplo, se um AH sorri efusivamente enquanto diz a um AI para apagar um determinado ficheiro, o AI pode adquirir conteúdo informativo através de dois CIs em paralelo (com o recurso a um microfone e uma câmara de vídeo). A não associação destes dois conteúdos informativos (a ordem para apagar o ficheiro e o estado de felicidade), associados a objectivos de interacção claramente distintos, deve ser encarada como correspondendo à ocorrência de dois PIIs Unimodais distintivos, em que

cada um deles integra uma HCI diferente, e não à ocorrência de um único PII Multimodal.

De facto, um PI de Pseudo-Fusão é, na realidade, um conjunto de dois ou mais PIs que, apesar de se desenvolverem entre os mesmos agentes, no mesmo sentido de comunicação, com a mesma função (PIIs ou PIRs) e, eventualmente, ao mesmo tempo, pertencem a diferentes HCIs, pelo que se justifica a devida ponderação se uma tal classe deve ser adoptada.

No entanto, a desconsideração de uma classe que descreva um tal contexto, no âmbito da análise aos objectivos de associação de dados, retira poder analítico ao sistema de classificação proposto e impossibilita uma sistematização abrangente da utilização de MIs entre dois agentes. Por essas razões, defende-se a sua adopção.

Por outro lado, as estratégias de associação, com vista à prossecução de um objectivo, podem, tal como no anterior contexto classificativo de estratégias de associação, ser especificados em estratégias Puras — se os dados adquiridos por todas as DIs envolvidas sofrerem fusão através de uma mesma tipologia — ou em Impuras — se uma parte pouco relevante das DIs se vir associada através de uma tipologia distinta.

Concretiza-se, assim, a distinção entre uma estratégia de fusão que se assume como uma estratégia de fusão impura (predominante mas não exclusiva), de uma estratégia de fusão assumidamente híbrida (descrita anteriormente). Esta distinção resulta do entendimento de que a cada uma correspondem paradigmas e opções conceptuais de design de interfaces diferenciados.

Reconhece-se, no entanto, a existência de uma carga subjectiva associada à aferição do conceito de *relevância relativa* na classificação duma estratégia de fusão em impura ou em híbrida. Defende-se, apesar dessa subjectividade, que os distintos paradigmas e opções de design subjacentes justificam uma tal abordagem. Por outro lado, a fusão híbrida pode ainda ser decomposta ao nível do recurso às várias estratégias de fusão enunciadas, nomeadamente ao recurso a todas ou apenas a uma parte destas.

Deste modo, apresenta-se o sistema de classificação proposto para a análise dos objectivos de associação de dados multidimensionais (Quadro 16.2).

Quadro 16.2. Classificação de objectivos de associação de dados multidimensionais (ii)**1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão** — *classe caracterizada anteriormente.***1.A. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante** — *classe caracterizada anteriormente.*

1.A.1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de fusão cooperante.

1.A.2. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de fusão cooperante, sendo as demais utilizadas num contexto distinto de fusão ou num contexto de pseudo-fusão.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Complementar — *classe caracterizada anteriormente.*

1.B.1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Complementar Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de fusão complementar.

1.B.2. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de fusão complementar, sendo as demais utilizadas num contexto distinto de fusão ou num contexto de pseudo-fusão.

1.C. Processo Interactivo de Fusão Redundante — *classe caracterizada anteriormente.*

1.C.1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Redundante Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de fusão redundante.

1.C.2. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Redundante Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de fusão redundante, sendo as demais utilizadas num contexto distinto de fusão ou num contexto de pseudo-fusão.

2. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão — *classe caracterizada anteriormente.*

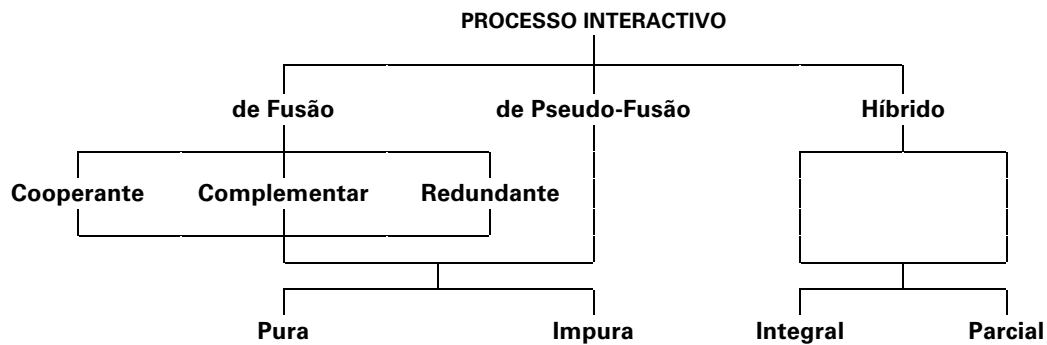
2.A. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de pseudo-fusão.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de pseudo-fusão, sendo as demais utilizadas num contexto de fusão.

3. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido — *classe caracterizada anteriormente.*

3.A. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido Integral — associa as várias DIs através da totalidade dos vários processos de fusão e da pseudo-fusão.

3.B. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido Parcial — associa as várias DIs de através de alguns dos vários processos de fusão e/ou da pseudo-fusão.



3. CLASSIFICAÇÃO DA CONCERTAÇÃO TEMPORAL DE DADOS MULTIMODAIS E/OU MULTIDIMENSIONAIS

Também se encontra desenvolvimento teórico sustentado e amadurecido no âmbito da classificação das estratégias adoptadas na concertação temporal de modalidades.

De facto, as estratégias de associação de MIs utilizadas no âmbito de um processo interactivo são muito frequentemente classificadas do ponto de vista da relação temporal que existe na sua utilização, encontrando síntese adequada em Zhang (2009). Este concebe a concertação temporal como podendo ocorrer de dois modos puros distintos: Sequencialmente, quando as várias modalidades são utilizadas de modo autónomo, de acordo com a fase em que um processo de interacção se encontra; e Simultaneamente, quando as várias modalidades são utilizadas ao mesmo tempo no processo de interacção.

3.1. Estado da arte

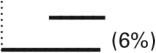
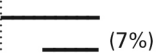




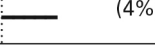
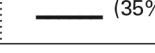
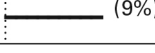
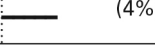
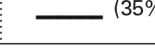
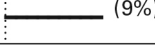
Coutaz e Caelen (1991) defendem que os eventos multimodais devem ser interligados através de relações temporais, descrevendo a existência quer de interfaces multimodais que assemelham na utilização simultânea de modalidades, como de interfaces em que essa utilização de modalidades ocorre de um modo sequencial, pré-determinado e constricto a uma janela temporal definida. Assinalam ainda a co-ocorrência da utilização de modalidades; i.e., a sua

associação efectiva, como uma tendência relevante ao nível do design de interfaces que permitirá o desenvolvimento de soluções mais simples de implementar.

Gourdol *et al* (1992) propõem a análise e classificação do grau de utilização simultânea de modalidades, propondo duas classes estruturais: Sequencial, quando as modalidades têm de ser utilizadas uma a seguir à outra; e Paralelo, quando as modalidades podem ser utilizadas em simultâneo.

A classificação de sistemas multimodais em sistemas sequenciais ou paralelos, tal como apresentada por Coutaz e Caelen (1991) e por Gourdol *et al* (Idem), é transversal à literatura revista, não se encontrando variações de carácter relevante. Salientam-se, neste âmbito, os estudos empíricos de Oviatt *et al* (1997) que, debruçando-se sobre o modo como diferentes utilizadores recorriam ao discurso oral, à escrita, ao desenho e/ou ao apontar sobre um mapa para descrever uma operação imobiliária, detectaram a existência de quatro padrões distintos de integração de informação proveniente de mais de um canal modal (Quadro 17).

Quadro 17. Padrões lógicos de sobreposição temporal de *inputs* (Oviatt *et al*, 1997)

Precedência do DISCURSO ORAL 14%		Precedência da ESCRITA/DESENHO 57%		Nenhuma modalidade com precedência 29%	
W		W		W	
S		S		S	
W		W		W	
S		S		S	

S — discurso oral; W — escrita/desenho

A análise de Oviatt *et al* (Idem) considera as seguintes classes: integração simultânea de *input* oral e escrito, verificando-se a ocorrência de utilização das diferentes modalidades durante um determinado intervalo de tempo coincidente; integração sequencial, verificando-se a utilização inicial de uma modalidade e a posterior utilização da outra modalidade; apontar

e falar (*point e speak*), verificando-se a utilização simultânea do apontar com a caneta (sem qualquer outra acção, como desenhar ou escrever) enquanto falavam sobre o alvo do apontar; e integração composta, verificando-se a ocorrência de momentos alternados de alguns ou todos os três modelos de integração anteriores, por parte do utilizador.

Oviatt *et al* (1997) relatam ainda que a opção por cada um destes padrões de integração multimodal foi individualmente consistente e partiu sempre de cada utilizador, revelando a existência de padrões individuais de interacção multimodal.

A proposta de classificação de Oviatt *et al* (Idem) encontra-se contextualizada ao estudo em questão e ao desejo de o caracterizar aprofundadamente do ponto de vista empírico. No entanto, constata-se que, efectivamente, apenas descrevem duas tipologias de utilização temporal pura — a utilização simultânea e a utilização sequencial — e uma terceira tipologia que conjuga as características das duas anteriormente enunciadas — a utilização composta. A distinção apresentada por Oviatt *et al* (Idem) entre as classes de *integração simultânea de input oral e escrito* e de *apontar e falar* só faz sentido no contexto da identificação específica de pares de modalidades de interacção, não sendo no entanto de relevo para um contexto conceptual de distinção entre diferentes estratégias de concertação temporal entre duas modalidades de interacção.

No âmbito da utilização simultânea, Oviatt *et al* (Idem) apresentam ainda as variações de padrões de sobreposição temporal encontradas entre as duas modalidades utilizadas (discurso oral — S — e escrita/desenho — W).

Uma análise aos nove padrões de sobreposição temporal detectados por Oviatt *et al* (Idem) permite circunscrevê-los a um conjunto de apenas seis padrões específicos de utilização: três em que se verifica a precedência de utilização por parte de uma qualquer MI; e três em que tal não se verifica.

Oviatt *et al* (2003) retomam esta abordagem, reforçando que a interacção e a integração multimodal pode ocorrer predominantemente em simultâneo ou em sequência, existindo padrões individuais de utilizador notoriamente preponderantes que regulam consistentemente a sua acção durante os processos de interacção. Referem, ainda, que existe uma forte resistência à mudança desses padrões de integração, por parte dos utilizadores, quando confrontados com um aumento da carga cognitiva associada à tarefa a desenvolver (seja esta

resultado do aumento do grau de dificuldade inerente ou da ocorrência de erros sistemáticos). Por esta razão, defendem que um sistema informático ideal deverá ter a capacidade de se otimizar funcionalmente com base nesta realidade, através da detecção dos padrões de utilização de cada utilizador e posterior adaptação ao mesmo.

Consideram, Oviatt *et al* (1997), que os designers de interfaces multimodais devem ter presente esta preocupação, necessitando de compreender que não é produtor o entendimento de que os utilizadores poderão ser treinados ou levados a aplicar um padrão de interacção e de integração multimodal (de simultaneidade ou sequencialidade) para o qual não se encontram predispostos naturalmente.

Também Hickey (2000) entende existirem três classes principais de integração multimodal, seja ao nível do *input* de dados ou ao nível de *output* dos mesmos: a utilização sequencial, quando apenas uma modalidade se encontra disponível em cada momento; a utilização simultânea não coordenada, quando várias modalidades se encontram disponíveis mas a sua interpretação ocorre autonomamente; e a utilização simultânea coordenada, quando várias modalidades se encontram disponíveis e ocorre a sua interpretação conjunta.

Hickey (Idem) não aborda, efectivamente, uma classificação de concertação temporal multimodal com vista à produção de um significado global comum constituída por três tipologias. Menciona, isso sim, as duas tipologias clássicas, anteriormente apresentadas, que visam a produção de um significado comum — a utilização sequencial e a utilização simultânea (aqui designada de utilização simultânea coordenada) — e ainda o recurso à utilização de várias modalidades em simultâneo sem que se anteveja a produção de um significado comum (aqui designada de utilização simultânea não coordenada). Esta última, encontra paralelo com a classificação de Co-ocorrência enunciada por Martin (1997), analisada no ponto anterior, e encontra-se deslocada deste âmbito de classificação.

Por outro lado, Hickey (Idem) também não confere à sua classe de utilização sequencial de modalidades um carácter multimodal consequente, não referindo se esta metodologia aponta para a produção de um significado único global ou não. Assim, fica a possibilidade da referida classificação sequencial possibilitar, nos seus termos, uma utilização não coordenada e/ou uma utilização coordenada. Trata-se de um nível de classificação por este não abordado.

Como se disse, a análise de Hickey (Idem) não é original, revelando antes uma eventual

confusão entre o conceito de interacção simultânea multimodal — que visa a produção de um significado comum através da informação produzida por diferentes modalidades — e a possibilidade de um AH estar envolvido, em simultâneo, em duas ou mais HCIs (unimodais ou, eventualmente, multimodais) com um mesmo AI através das suas diferentes MIs.

Em sua defesa, deve-se salientar que Hickey (2000) tem por objectivo a definição de especificações técnicas para a concepção de *browsers* com potencialidades multimodais e o documento por si apresentado é um *working draft* para a World Wide Web Consortium que (apesar de, à data não ter sido substituído) deve ser entendido como tal.

Maes e Saraswat (2003) retomam, na sua *note* para a World Wide Web Consortium, as classificações propostas por Hickey (Idem), defendendo que a relação entre as modalidades utilizadas pode ser classificada de três modos: sequencial; simultâneo; ou compósito. Propõem que se tratará de um processamento sequencial de modalidades se o utilizador interagir com a aplicação através de modalidades individuais, alternando na sua utilização mas utilizando sempre apenas uma de cada vez.

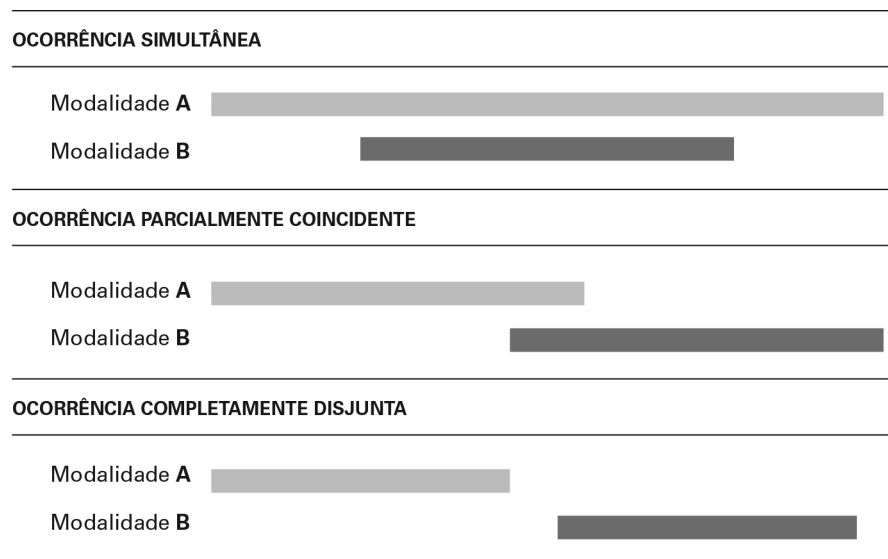
Tal como Hickey (Idem), Maes e Saraswat (Idem) não apresentam a preocupação em distinguir um processamento sequencial de modalidades com vista à produção de um significado comum (um processamento sequencial multimodalmente consequente), de um processamento sequencial de modalidades com vista à produção de significados autónomos (um processamento sequencial multimodalmente não consequente). Por sua vez, um processamento simultâneo de modalidades ocorrerá se o utilizador recorrer a mais do que uma modalidade em simultâneo, mas estas forem processadas e interpretadas autonomamente pela aplicação. Retomam, deste modo, a classe de utilização simultânea não coordenada de Hickey (Idem). Por fim, apresentam o processamento compósito de modalidades como ocorrendo quando o utilizador recorre a mais do que uma modalidade em simultâneo, sendo estas processadas e interpretadas de modo integrado, recuperando assim a classe de utilização simultânea coordenada proposta por Hickey (Idem).

Em suma, a proposta de classificação de Maes e Saraswat (Idem) padece dos constrangimentos identificados anteriormente para a de Hickey (Idem), constituindo-se como uma renovação terminológica.

Por sua vez, Flippo (2003) define um sistema multimodal como aquele que possui a capa-

cidade de processar o *input* de distintas modalidades, defendendo que esse processamento pode ser classificado em termos de ocorrência temporal. Neste âmbito, perspectiva três classes distintas de metodologia de processamento dos *inputs* recebidos através das distintas modalidades (Quadro 18): processamento com ocorrência temporal simultânea; processamento com ocorrência temporal parcialmente coincidente; e, por último, processamento com ocorrência temporal completamente disjunta.

Quadro 18. Alinhamento temporal de modalidades (Flippo, 2003)



Flippo (2003) alude que um sistema multimodal ideal deverá possuir a capacidade de gerir todas as referidas classes de relação temporal. Esta sua proposta de classificação possui afinidades notórias com a de Oviatt *et al* (1997), coincidindo parcialmente em termos conceituais com as classificações por estes apresentadas de integração simultânea, de integração composta e de integração sequencial.

Também Yu e Deng (2009) mencionam que a janela temporal de aquisição de sinais a relacionar deve ser definida de modo explícito, propondo igualmente que a aquisição de conteúdo informativo através das diferentes modalidades a fundir, com vista à produção de um significado global, pode ocorrer de dois modos temporalmente distintos: através de uma transmissão sequencial; ou de uma transmissão simultânea.

Como se disse, a preocupação com a necessidade de analisar os PIs Multimodais, com vista a aferir a relação temporal existente entre a transmissão e aquisição dos conteúdos informativos provenientes de diferentes MIs, é uma preocupação transversal à literatura revista que enquadra invariavelmente a utilização de MIs às suas tipologias-base: a utilização simultânea e a utilização sequencial.

3.2. Proposta de sistema de classificação de estratégias de concertação temporal de dados multimodais e/ou multidimensionais

De seguida apresenta-se a proposta de sistema de classificação para este âmbito. O seu desenvolvimento foi suportado pela análise do estado da arte, descrita anteriormente, tendo esta sido alvo de clarificação e amplificação das possibilidades de concertação temporal.

Um reparo que pode ser feito às propostas de classificação descritas na literatura revista, será a ausência de um desenvolvimento verdadeiramente granular. Constatase, frequentemente, que as referidas abordagens remetem simplesmente para as duas tipologias-base e, muito excepcionalmente, concebem a existência de uma terceira classe de carácter híbrido. Adoptam, deste modo, uma visão dicotómica que restringe o potencial de análise e desenvolvimento da HCI. Por outro lado, quanto maior for o número de MIs utilizadas num PI Multimodal maior será o grau de dificuldade na sua classificação, perspectivando-se uma complexificação progressivamente superior da mesma. Por essa razão e em nome da eficácia dos processos de análise e classificação, também não se considera desejável um sistema de classificação que conceba uma classificação granular sucessivamente mais fina, com a apresentação de infinitas formas de combinação temporal entre MIs.

Uma outra característica das propostas de classificação analisadas é a assumpção universal, de que as MIs recorridas integram o processamento de apenas uma DI. De facto, este pressuposto encontra-se de tal modo integrado nas análises revistas que a referência à concertação temporal de MIs que integrem mais do que uma DI é nula.

Uma vez mais é necessário afirmar: o potencial presente e, sem dúvida, futuro da HCI

promove o recurso a MIs Multidimensionais e por essa razão o seu estudo é pertinente.

Deve-se ainda perspectivar a classificação e análise de PIs Unimodais Multidimensionais (integram mais do que uma DI) e que necessariamente serão alvo uma estratégia de concertação temporal durante a sua associação. Deste modo, a proposta de sistema de classificação apresentada (Quadro 19) visa proporcionar uma visão teórica aberta, mantendo um grau de razoabilidade que possibilite a análise e concepção de PIs Multimodais com nível de complexidade relevante. A sua descrição será acompanhada por representações gráficas.

Quadro 19. Classificação de estratégias de concertação temporal de dados multidimensionais

1. P PROCESSO INTERACTIVO Síncrono — compreende o Processo Interactivo Unimodal Multidimensional ou Multimodal em que se verifica uma simultaneidade em termos de molduras temporais de utilização das várias DIs a processar.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Total — a utilização das várias DIs a processar inicia-se e termina ao mesmo tempo.



1.B. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Inicial — a utilização das várias DIs a processar inicia-se ao mesmo tempo, mas cessa em instantes de tempo distintos.



1.C. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Terminal — a utilização das várias DIs a processar inicia-se em instantes de tempo distintos, cessando no entanto ao mesmo tempo.



1.D. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Envolvente — a utilização de uma DI a processar inicia-se primeiro e termina depois das demais, estando a moldura temporal de utilização destas últimas internamente compreendida pela moldura temporal da primeira, respeitando as demais entre si o

conceito de envolvimento temporal ora enunciado.



1.E. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Sucessivo — a utilização das várias DIs a processar inicia-se e termina em instantes distintos e as que se iniciam primeiro cessam a sua utilização primeiro, de tal modo que não ocorre qualquer contexto de envolvimento temporal entre estas.



2. PROCESSO INTERACTIVO Assíncrono — compreende o Processo Interactivo Unimodal Multidimensional ou Multimodal em que se não se verifica coexistência temporal entre as várias DIs a processar.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Assíncrono Contínuo — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através de uma sequência temporal contínua, não existindo qualquer hiato de tempo com significado (definido pelo designer do sistema) entre as molduras temporais de utilização de cada uma.



2.B. PROCESSO INTERACTIVO Assíncrono Descontínuo — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através de uma sequência temporal intervalada, existindo um hiato de tempo com significado (definido pelo designer do sistema) entre as molduras temporais de utilização de cada uma.



3. PROCESSO INTERACTIVO Composto — verifica-se uma concertação temporal desregrada entre as várias DIs a processar utilizadas, coexistindo várias formas de conjugação entre estas.

3.A. PROCESSO INTERACTIVO Composto Síncrono — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através de mais do que um contexto de concertação temporal síncrono (conjugações síncronas totais, síncronas iniciais, síncronas terminais, síncronas envolventes e/ou síncronas sucessivas).



ou



ou



ou



etc.

3.B. PROCESSO INTERACTIVO Composto Assíncrono — verifica-se que a utilização das várias DIs a processar ocorre através de mais do que um contexto de concertação temporal assíncrono (conjugações assíncronas contínuas e assíncronas descontínuas).



3.C. PROCESSO INTERACTIVO Composto Livre — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através da combinação simultânea de contextos de concertação temporal síncrona e assíncrona.



ou



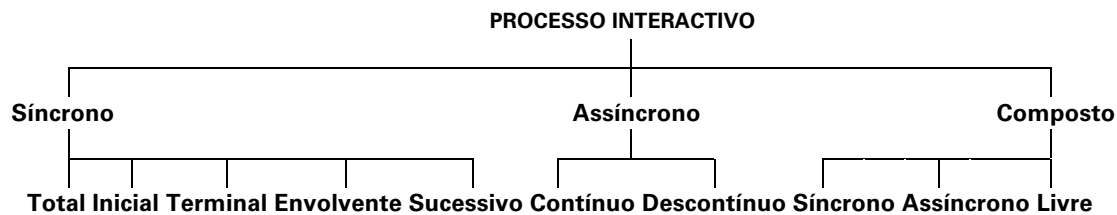
ou



ou



etc.



No contexto de análise a PIs Multimodais em que apenas se recorra a MIs Unidimensionais poder-se-á, eficazmente, adoptar uma terminologia em que "DIs a processar" seja substituída por "MIs utilizadas". Trata-se de uma simplificação que encontrará a sua utilidade num tal contexto.

Imagine-se um AH a apontar para um ícone no *desktop*, e este gesto deíctico captado através de um sistema de aquisição de movimentos e posições tridimensionais de uma mão, ao mesmo tempo que afirma "move aquele ficheiro para o *lixo*". É possível perspectivar diferentes metodologias de conjugação de utilização temporal por parte de diferentes utilizadores, tal como anteriormente descrito no âmbito da apresentação dos estudos de Oviatt *et al* (1997).

Por exemplo, um AH poderia tomar a iniciativa de começar por apontar e, mantendo o gesto, enunciar a afirmação e interromper simultaneamente a utilização das duas MIs (Processo Interactivo Multimodal Síncrono Terminal). Um outro AH poderia, por sua vez, desencadear o PI começando por afirmar "move", apontando de seguida enquanto afirma "aquele ficheiro" e, por fim, terminava o gesto e concluía o comando oral dizendo "para o *lixo*" (Processo Interactivo Multimodal Síncrono Envolvente).

Mas outras possibilidades podem ser perspectivadas. Por exemplo, imagine-se um AH a apontar inicialmente para o ficheiro, interrompendo de seguida o gesto e enunciando logo de seguida o comando oral "move para o *lixo* o ficheiro para o qual aponte" (Processo Interactivo Multimodal Assíncrono Contínuo).

Por último, imagine-se ainda outro AH que, após apontar para o ficheiro em questão, fica a ponderar se o devia mover para o *lixo* ou se o devia apagar, declarando apenas algum tempo depois "move para o *lixo* o último ficheiro para o qual aponte" (Processo Interactivo Multimodal Assíncrono Descontínuo).

Neste último caso, poder-se-ia também imaginar que desenvolveu um qualquer outro PII enquanto ponderava, (e.g. aumentar a luminosidade de ecrã através de uma combinação de teclas, o que até poderia originar no imediato um PIR por parte do AI) e só posteriormente procedeu à conclusão do PII que se encontrava incompleto.

Atente-se que, neste exemplo, se o apontar não fosse acompanhado em sequência temporal ou algum tempo depois pelo referido comando oral que o completava, o PII assumia-se unimodal e seria correspondido pelo PIR de selecção do ficheiro (explícita ou implícita) sem qualquer outra consequência. Por outro lado, existindo o posterior comando oral, a conjugação da informação transmitida através das duas MIs origina um único PII Multimodal.

De facto, descrevem-se vários exemplos de PIIs constituídos pelo desenvolvimento, por parte do AH, de dois ou mais FPIs, não existindo um impedimento conceptual a que o AI os adquira tempos distintos. Tal impedimento poderá apenas existir através de limitações ou opções explícitas de programação.

A presente análise, visa a clarificação de estarmos perante uma Interacção Singular e não perante uma Interacção Complexa — que, no caso, seria uma Interacção Complexa Construída Primária — uma vez que a combinação das duas MIs promove um único PII e visa a imediata prossecução de um objectivo único. De facto, a informação contida em cada MI não produz na mente do emissor uma resposta intermédia sequencial com vista à produção da resposta final.

Saliente-se que as soluções técnicas necessárias à concepção de interfaces, que possibilitem diferentes estilos de interacção ao nível da programação e *software*, podem impor um estilo de interacção específico ou possibilitar a selecção do estilo de interacção a utilizar. Um tal entendimento poderá promover a concepção de um *design space* que conjuge a dimensão de classificação actual e a relativa à definição de um plano de desenvolvimento para uma HCI Complexa.

Não cabendo no âmbito desta investigação a defesa de soluções técnicas, não se pode no entanto deixar de salientar que, existindo estudos que revelam a existência de distintos padrões individuais de interacção multimodal por parte de diferentes AHs (e.g. Oviatt *et al*, 1997) e uma forte resistência à mudança de padrão (e.g. Oviatt *et al*, 2003), a adopção de soluções técnicas que abarquem o maior número possível de padrões de concertação temporal reduzirá as necessidades de formação e aumentará a acessibilidade do interface.

Por fim, realça-se que uma HCI pode ter os seus PCPIs intervalados e separados temporalmente pelo desenvolvimento de PIs integrantes de outras HCIs. De facto, a sequencialidade entre PIs constituintes de um PCPI só será obrigatória se o interface o impuser.

SÍNTESE CONCLUSIVA

As estratégias de fusão de dados ao nível do posicionamento funcional da associação de MIs e/ou DIs justificam uma análise classificativa que perspetive os seguintes níveis:

- fusão de sinais imediatamente após o nível de aquisição;
- fusão de dados imediatamente após o nível de reconhecimento;
- fusão de significados durante o nível de decisão;
- fusão de carácter híbrido que conjugue duas ou mais das estratégias de associação enunciadas anteriormente.

Os objectivos específicos de fusão de dados provenientes de distintas MIs, sejam elas provenientes de duas ou mais MIs Unidimensionais e/ou de uma ou mais MIs Multidimensionais, justificam a caracterização das seguintes classes de PIs: de fusão cooperante, quando o total de dados adquiridos provém de duas ou mais DIs e se produz um significado global conjugado a partir de conjuntos de dados autónomos que não possibilitam a produção de significados individuais; de fusão complementar, quando uma das DIs utilizadas seria suficiente para a produção de um significado e as demais promovem a sua metamorfose (em maior ou menor grau); de fusão redundante, quando as várias DIs adquirem conjuntos de dados aos quais se visa atribuir significados individuais e que sofrem fusão com vista a minimizar o potencial de imprecisões e erro; de pseudo-fusão, quando cada uma das DIs processadas origina a produção de significados individuais autónomos que não serão conjugados com vista à produção de um significado global.

Por último, a análise e classificação do modo como o recurso a diferentes MIs e/ou DIs ocorre no tempo justifica a caracterização das seguintes classes de PIs: síncronos, quando as janelas temporais de utilização das várias DIs a processar são coincidentes; e assíncronos, quando não se verifica uma coexistência temporal na utilização das várias DIs a interacção.

No âmbito da caracterização de PIs, dever-se-ão tipificar tanto o sincronismo temporal de acordo com o modo como este ocorre — de modo total, inicial, terminal, envolvente ou sucessivo — como o assincronismo temporal — de modo contínuo ou descontínuo. Concebe-se ainda a ocorrência de PIs compostos, em que se verifica uma hibridização de tipologias de concertação temporal de DIs a processar.

Capítulo 6

NATURALIDADE DE INTERACÇÃO

NOTA INTRODUTÓRIA

Inicia-se a classificação de HCIs quanto ao grau de naturalidade do seu desenvolvimento, por paralelismo com os processos de comunicação e interacção desenvolvidos em ambiente natural homem-homem ou homem-ambiente.

As várias MIs disponíveis num interface homem-computador podem promover a interacção através de processos comunicativos equivalentes aos que ocorreriam em contexto natural (i.e. em contextos de interacção homem-homem ou de interacção homem-ambiente). Para tal, recorre-se a MIs que permitam a utilização dos canais sensoriais que são naturais nesses contextos de interacção. Por outro lado, um tal recurso não é imperativo, pelo que essas MIs ditas naturais poderão não se encontrar disponíveis, sendo apenas permitido o recurso à utilização de MIs que forcem a utilização de canais sensoriais artificiais.

Neste âmbito de análise, existe a necessidade de distinguir e classificar as diferentes MIs de acordo com a existência ou não de equivalência entre os canais sensoriais que a sua utilização pressupõe e os canais sensoriais que seriam utilizados em contextos naturais equivalentes de interacção homem-homem ou de interacção homem-ambiente.

Trata-se de um âmbito de análise que corresponde ao paradigma de HCI mais defendido pela comunidade académica e industrial e que, paradoxalmente, não encontra sistematização académica que o permita enquadrar teoricamente. De facto, em face do entendimento predominante de que uma HCI de carácter natural apresentará um potencial de desempenho superior, justifica-se uma análise sistemática que permita distinguir diferentes graus de naturalidade ou artificialidade de uma HCI.

(...) the physical functioning of the living individual and the operation of some of the newer communication machines are precisely parallel (...) in both of them there exists a special apparatus for collecting information from the outer world at low energy levels, and for making it available in the operation of the individual or of the machine. In both cases these external messages are not taken neat, but through the internal transforming powers of the apparatus, whether it be alive or dead. The information is then turned into a new form (...) In both of them, their performed action on the outer world, and not merely their intended action, is reported back to the central regulatory apparatus.

Norbert Wiener (1954: 26-27)

1. NATURALIDADE E ARTIFICIALIDADE DE MODALIDADES DE INTERACÇÃO

O conceito de MI Natural, mais do que um elemento da dicotomia classificativa (natural *versus* artificial), é a base de um paradigma de HCI que domina toda a sua história. De facto, o paradigma da HCI Natural, defendido e prosseguido maioritariamente a nível académico e a nível da engenharia de interfaces, assenta no pressuposto de que existem MIs de desempenho superior, suportadas pelo desenvolvimento de uma comunicação/interacção de carácter natural. O alegado carácter natural é suportado pelo paralelismo que encontra na interacção homem-homem ou homem-ambiente.

O entendimento de que a interacção natural possui relevância funcional fundamenta-se na análise cognitiva e perceptual dos processos de comunicação humana, estabelecendo-se a sua importância neste projecto de investigação, pelo facto de estes serem reconhecidamente multimodais. De facto, a multimodalidade na HCI surge, também, de modo a corresponder à necessidade de interacções mais naturais.

A dicotomia natural/artificial assume, por estas razões, um papel central no desenvolvimento de interfaces *proof of concept* e encontra incentivo predominante na produção de interfaces homem-computador desde os seus primórdios. Assim, não pode ficar excluída de uma proposta de sistema de classificação.

1.1. Estado da arte

Hansson, Wallberg e Simsarian (1997) definem um interface natural como aquele que ape-la à intuição do utilizador, suportando a transferência de conhecimento e competências em relação a ambientes e contextos conhecidos e experienciados anteriormente.

Recorde-se, neste âmbito, o objectivo primordial de um interface homem-computador, apresentado por Chignell e Hancock (1988), como o mediador da comunicação bidireccional entre utilizador e computador que requer de ambos a compreensão dos processos e mecanismos de comunicação entre as partes e a compreensão da informação recebida, da contraparte.

Este objectivo será, segundo a comunidade académica, melhor promovido através da utilização de canais de *input* e de modalidades de *output* declarados como naturais.

A problemática da naturalidade de interacção, nomeadamente ao nível das modalidades de interacção recorridas, é abordada por Alessi e Trollip (1991). Afirmam que um sistema interactivo é aquele que perante a recepção de um comando emitido por um utilizador produz um *feedback*/resposta, podendo esse *feedback* ser classificado em dois níveis analíticos: *feedback* natural *versus* *feedback* artificial e *feedback* imediato *versus* *feedback* retardado.

A dicotomia *feedback* natural/artificial é apresentada como resultando da constatação de que um certo tipo de informação é naturalmente comunicada, no mundo real, através de um meio sensorial concreto (quer seja na comunicação homem-homem ou na interacção homem-ambiente) e que a utilização de um qualquer outro meio assumirá um carácter comunicativo artificial.

Por outro lado, definem a dicotomia *feedback* imediato/retardado com base na relação temporal que esta assume com a acção empreendida pelo utilizador do sistema (i.e. se ocorre

imediatamente após esta ou se ocorre apenas após um intervalo de tempo com significado para o utilizador).

Allessi e Trollip (1991) consideram que em resultado destas duas dimensões de análise é possível discriminar a existência de quatro tipos de *feedback*, devendo os designers de interfaces adequar cada um aos objectivos a atingir: *feedback* natural imediato; *feedback* natural retardado; *feedback* artificial imediato; e *feedback* artificial retardado.

Recorde-se a defesa de Ferri e Paolozzi (2009) da necessidade de se conceberem arquiteturas de sistemas centradas no ser humano com os quais os utilizadores possam interagir através de modalidades comuns à comunicação homem-homem e de um modo suficientemente natural para que não seja necessário adaptarem-se ao sistema informático. Deste modo, promover-se-á a eficiência comunicativa, assim como a acessibilidade, reduzindo-se a necessidade de formação específica para a utilização do interface.

Apesar de apresentada de um modo quase ubíquo ao longo da literatura da especialidade, a dicotomia MI Natural *versus* MI Artificial não é alvo de um tratamento classificativo explícito ou de uma análise aprofundada. De facto, esta dicotomia é sistematicamente abordada de um modo indirecto, como se de um facto evidente e incontestável se tratasse. Até mesmo a proposição estruturada de Allessi e Trollip (Idem), de um *feedback*/resposta natural por parte do AI, negligencia a necessidade de uma classificação dos PIIs (sejam eles desencadeados pelo AH ou pelo AI) assim como dos PIRs desencadeados pelos AHs.

Reforça-se: o conceito de MI Natural, por oposição ao de MI Artificial, parece estar de tal modo infiltrado no entendimento colectivo (académico e da indústria) que a sua sistematização tem sido desconsiderada.

Por outro lado, entende-se que a classificação de uma MI não se esgota na simples dicotomia entre MI Natural/MI Artificial, justificando-se uma abordagem estruturada ao contexto do recurso a MIs definidas de quase naturais (i.e. MIs em que se recorre ao sentido natural de comunicação mas em que a sua utilização ocorre de um modo artificializado).

Esta sistematização permitirá uma distinção mais fina entre: MIs Naturais, utilizadas de um modo equivalente ao seu uso em contexto de interacção real; e MIs que, não deixando de ser naturais, têm a sua utilização artificializada. Como adiante se verá, a dicotomia natural/artificial pode ser alvo de uma análise relevantemente aprofundada.

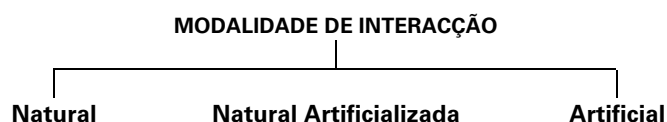
1.2. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade de modalidades de interacção

Apresenta-se (Quadro 20.1), de seguida, a proposta de sistema de classificação que visa distinguir MIs que efectuem a comunicação da informação por equivalência ou distanciamento aos contextos naturais de comunicação/interacção homem-homem ou homem-ambiente.

Esta abordagem classificativa integra a distinção conceptual entre MIs Natural, MIs Natural Artificializada e MIs Artificial.

Quadro 20.1. Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (Hip. A)

1. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e em que o procedimento de sua utilização se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto.
2. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural Artificializada** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas em que o procedimento de sua utilização se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto.
3. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Artificial** — implica a utilização de um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



Consideram-se aqui, as MIs Natural e Natural Artificializada como detentoras de carácter autónomo e relevância similar. Por esse motivo, encontram-se posicionadas num mesmo nível hierárquico de classificação a par com as MIs Artificial.

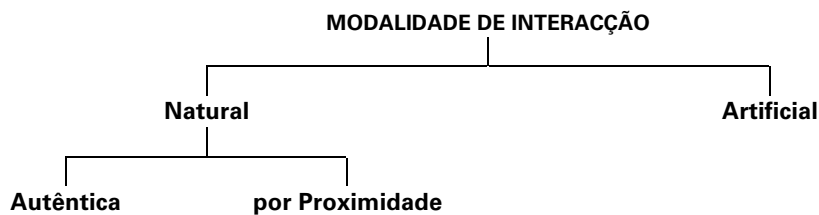
Por oposição, poder-se-ia propor um sistema de classificação (Quadro 20.2) em que ambas surgissem como sub-classes de um nível superior de MIs Natural, baseado no recurso parti-

lhado a um canal sensorial naturalmente utilizado em contexto homem-homem ou homem-ambiente, por contraponto ao recurso a canais sensoriais não naturais (ditos artificiais).

Esta abordagem considera a existência de um nível hierárquico superior caracterizado pelo canal sensorial utilizado, subordinando-se a este um segundo nível de classificação em que se identifica o modo de utilização desse canal sensorial por parte do agente envolvido.

Quadro 20.2. Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade
(Hip. B)

- 1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural aos modos de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.
 - 1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural Autêntica** — o procedimento de sua utilização desenvolve-se de um modo semelhante ao que seria desenvolvido na comunicação natural.
 - 1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural por Proximidade** — o procedimento de sua utilização desenvolve-se de um modo dissemelhante ao que seria desenvolvido na comunicação natural.
- 2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Artificial** — implica a utilização de canais sensoriais que não são naturais aos modos de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



Como se referiu, esta proposta sustenta-se numa relevante imediação conceptual existente entre as duas sub-classes de MI Natural: o canal sensorial utilizado.

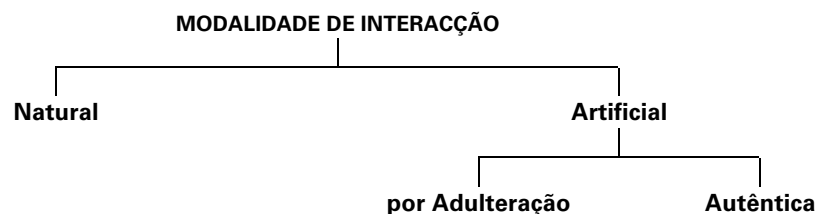
No entanto, também se poderia aludir que existe uma proximidade conceptual relevante entre a MI Artificial e a, aqui designada, MI Natural por Proximidade (anteriormente designada de MI Natural Artificializada): a artificialização do acto comunicativo.

Esta terceira via alternativa de classificação (Quadro 20.3) encontra o seu fundamento hie-

rárquico superior no recurso a processos de comunicação artificiais (por oposição a processos de comunicação verdadeiramente naturais), independentemente do canal sensorial utilizado.

Quadro 20.3. Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (Hip. C)

1. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural** — implica o recurso a procedimentos de comunicação que são naturais aos modos de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.
2. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Artificial** — implica o recurso a procedimentos de comunicação que não são naturais aos modos de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.
 - 2.A. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Artificial Autêntica** — recorre a um canal sensorial diferente daquele que seria utilizado na comunicação natural.
 - 2.B. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Artificial por Adulteração** — recorre ao canal sensorial que seria utilizado na comunicação natural.



De facto, o carácter alterado da utilização da MI Natural Artificializada (aqui designada por Modalidade de Interacção Artificial por Adulteração) origina a artificialização do processo de comunicação.

Apesar destas últimas duas propostas de sistema de classificação configurarem pontos de vista conceptualmente fundamentados, defende-se que a proposta de classificação inicialmente apresentada (e que se adopta — Hip. A) revela de modo mais adequado o carácter e desafios diferenciados associados às três possibilidades de MIs.

O carácter de neutralidade relativa, promovido pelo sistema de classificação proposto, possibilita ainda uma abordagem desprovida de preconceitos em relação à classe de MIs que

deve ser favorecida. De facto, ao contrário dos defensores do paradigma de interacção estritamente natural (que poderão apreciar uma integração de MIs Natural Artificializada no âmbito de uma dependência classificativa em relação ao conceito de MIs Artificial), considera-se que devem ser privilegiadas as MIs e procedimentos de interacção que melhor promovam o cumprimento dos objectivos de interacção.

As potencialidades do recurso a uma MI Natural Artificializada são equivalentes às das MIs Natural e Artificial, devendo ser-lhes concedido igual destaque e importância hierárquica. Atente-se que a própria designação adoptada para esta classe (MIs Natural Artificializada) procura estabelecer-se como um ponto de equilíbrio em relação aos seus extremos dicotómicos.

A título de exemplificação, considere-se um AH que joga um desafio de ténis numa consola de jogos. São três os contextos classificativos de PIs (sejam eles PIIs ou PIRs, sejam eles iniciados pelo AH ou pelo AI) que aqui se afiguram possíveis:

1. Apresenta-se, primeiro, aquele que corresponde à utilização de uma MI Natural. O AH comunica as suas intenções de interacção com a bola de ténis virtual através de um comando háptico que manuseia como se, efectivamente, estivesse a segurar uma raquete de ténis (i.e. o controlo funcional da raquete de jogo virtual que é em tudo idêntico ao que ocorreria num campo de ténis real).
2. No extremo oposto da classificação, teremos o recurso a uma MI Artificial. Por exemplo, o AH pode comunicar as suas intenções de interacção com a bola através de comandos de voz que indiquem os movimentos e acções a desenvolver pela raquete de ténis virtual.
3. Por fim, apresenta-se o contexto classificativo de MI Natural Artificializada. Neste caso poderíamos ter, por exemplo, o AH a comunicar os seus comandos de controlo através do pressionar de vários botões de um teclado. Apesar de assistirmos à utilização de um interface háptico, o PI ocorre de um modo funcionalmente distinto do que aconteceria num campo de ténis real. Recorde-se a definição de MI Natural Artificializada como aquela que, recorrendo ao sentido/acção natural, o seu procedimento de utilização é alvo de uma artificialização (em maior ou menor grau) com consequências a nível funcional.

Outro exemplo, (do ponto de vista de um AI), será o modo como um aparelho de GPS (*Global Positioning System*) comunica as indicações ao AH com quem interage. Assim, se por um lado, as orientações de navegação podem ser comunicadas através da síntese de linguagem natural (MI Natural), poder-se-á conceber um aparelho de GPS que comunique através de sons inusitados (e.g. *beeps* em número diferenciado ou notas musicais) que codifiquem as várias informações a transmitir. Apesar de, também neste caso, nos encontrarmos perante o recurso à modalidade auditiva, a sua utilização é alvo de um procedimento funcionalmente artificializado. Não deixa, no entanto, de ser o canal sensorial de comunicação natural na transmissão de informações de navegação entre pessoas. Deste modo, encontramos-nos perante uma MI Natural Artificializada. Finalmente, se a apresentação de orientações de navegação ocorresse através de símbolos gráficos (no ecrã do GPS), teríamos uma MI Artificial.

A propósito da classificação das MIs Natural Artificializada, é ainda de salientar que apesar de ser possível uma granularidade superior, onde se consideraria o maior ou menor proximidade/distanciamento funcional em relação ao contexto real, não se antevê uma razoabilidade objectiva em tal atomização classificativa. Por exemplo, a classificação dos diferentes graus de proximidade/distanciamento associados às orientações sonoras de navegação providenciadas pelo referido aparelho de GPS (notas musicais *versus beeps* em número) possuiria um carácter marcadamente subjectivo resultante do autor do acto classificativo e a opção de classificação adoptada. É com base no entendimento de que tal esforço é desprovido de pertinência, que se optou por não abordar esse assunto.

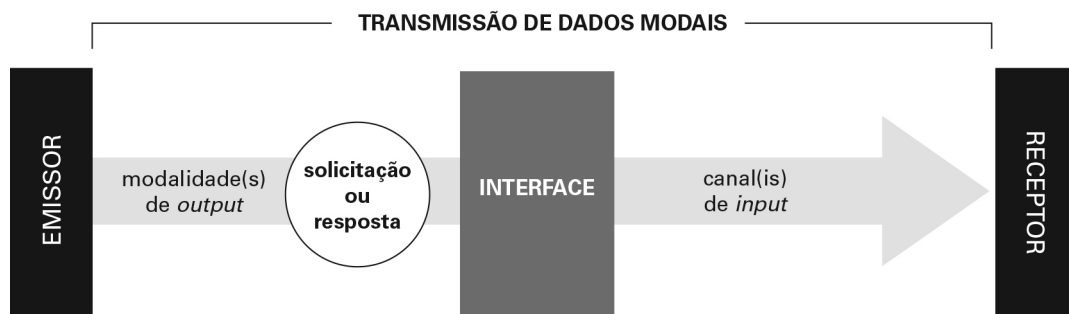
Por fim, uma questão que se deverá também considerar nos processos classificativos deste âmbito, é o contexto cultural do AH envolvido na HCI. Não se poderá classificar, a escrita cursiva como estando associada a uma MI háptica natural se estivermos confrontados com um AH invisual que apenas pode escrever recorrendo a um teclado *braille*. De facto, aquilo que para o autor da classificação se pode apresentar como uma MI Natural, pode ser uma MI Artificial para o AH que a ela recorre, originando erro classificativo. Este exemplo serve para reforçar que, tal como anteriormente se defendeu, não se devem classificar interfaces (que apenas apresentam potencialidades de utilização que podem ou não ser desenvolvidas e/ou para as quais se desconhece o contexto de desenvolvimento concreto) mas sim HCIs, PIs, MIs e DIs utilizadas (âmbitos reais e contextualizáveis de classificação).

1.3. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade de modalidades de *output* e de canais de *input*

Apesar do desenvolvimento já alcançado, este contexto classificativo não deve ser cristalizado no seu estado presente. De facto, considera-se que a proposta de classificação apresentada é imprecisa e deve ser abandonada face à existência de uma fonte de ambiguidades relevante: a própria definição de MI.

Entende-se, deste modo, que o conceito global de MI necessita de ser decomposto e compreendido parcelarmente através da análise dos seus níveis de execução interior (Fig. 29): a modalidade de *output* (MO) e o canal de *input* (CI). São estes que permitem o desenvolvimento da emissão (a MO) e da aquisição (o CI) de um conjunto de dados modais, no contexto de um PI (seja ele um PII ou um PIR).

Figura 29. Proposta de modelo de transmissão de dados modais



Esta decomposição é provida de relevância concreta, uma vez que a adopção de um conceito de MI impreciso gera equívocos e impede uma adequada distinção ao nível do desenvolvimento de PIs e das comparações analíticas que se podem desenvolver.

Considera-se ainda fonte de equívoco a associação do conceito de MI aos processos de *output* (sejam eles do emissor ou do receptor), negligenciando-se a análise dos processos de *input* da contraparte.

Retome-se então o exemplo de HCI anteriormente apresentado, com vista à clarificação da

importância de se abordar em separado a(s) MO(s) e o(s) CI(s): um jogador segura uma raquete de ténis real, interagindo com uma bola virtual, sendo a informação relativa aos seus movimentos adquirida pela consola de jogos através de *webcams*. A questão primordial passa por compreender se nos encontramos perante uma MI Natural ou uma MI Artificial.

Neste âmbito, será importante colocar de parte uma outra fonte de equívoco que pode contaminar os processos de classificação: a incorrecta identificação da interacção em contexto natural, que é de extrema relevância para a comparação analítica em termos da naturalidade/artificialidade.

Assim, é necessário clarificar se a classificação recai sobre a análise por paralelismo com o contexto natural da interacção homem-ambiente (neste caso, binómio jogador/raquete em interacção com a bola de ténis) ou da interacção homem-homem (neste caso, a interacção jogador-jogador). Só uma adequada resposta a esta questão permite prosseguir para a classificação em si, uma vez que diferentes respostas poderão originar diferentes classificações.

Numa interacção real jogador-jogador, se abordarmos o paralelismo classificativo em termos de naturalidade da HCI, verifica-se que um jogador de ténis adquire as acções do outro jogador de ténis de um modo visual. No entanto, a interacção que se considera relevante para efeitos de classificação é a que ocorre entre um jogador de ténis e a bola. Atente-se que o jogador de ténis, no âmbito de uma interacção real, recolhe apenas informações antecipatórias do movimento do seu adversário, sendo com a bola que desenvolve os PIs e PIRs relevantes para a classificação em causa (i.e. a interacção é realizada com a bola e não directamente com o outro jogador).

No exemplo do jogo de ténis virtual, a interacção do binómio jogador/raquete com a bola virtual de ténis, ocorre através de uma MO háptica (o jogador movimenta a raquete com a mão e o braço), mas o computador adquire a informação associada a esse movimento através de um CI visual (as *webcams* registam o movimento da raquete).

Revela-se aqui, a importância de não se recorrer ao conceito global de MI e de, em sua substituição, se proceder à decomposição conceptual em MO(s) (associada à parte que emite dados) e em CI(s) (associado à contraparte que adquire os referidos dados). Trata-se de uma distinção relevante que neste contexto de classificação se deve concretizar: uma MI integra os conceitos parciais de MO(s) e de CI(s). Esta decomposição revela carácter composto de um

PI, iniciado através do desencadear da acção de um agente e concluído através da sua percepção pelo outro, constituindo-se através destes dois momentos.

Uma vez mais se adopta a simplificação de que duas ou mais MOs de natureza sensorial comum que integram uma mesma MI sejam descritas como sendo apenas uma MO, assim como dois ou mais CIs de natureza sensorial comum que integram uma mesma MI sejam descritos como sendo apenas um CI.

Assim, retomando o exemplo em análise, a MO humana será classificada de MO Natural (o AH segura e movimenta a raquete de um modo equivalente ao utilizado num contexto real). Por outro lado, o CI informático será classificado de CI Artificial (a consola de jogos regista as informações transmitidas através de um sensor visual). Para se poder classificar o CI informático como natural teríamos de estar perante um sensor háptico, o que não sucede.

A este propósito, revisite-se o entendimento de Sharma *et al* (1998) de que os seres humanos percebem o ambiente através dos seus sentidos (remetendo para CIs), e actuam sobre este através de *actuadores* (remetendo para MOs).

Estando exemplificada e justificada a necessidade de uma análise individualizada dos níveis internos de uma MI, expõe-se a decomposição da classificação anteriormente apresentada, que agora será expressa em termos de MO (Quadro 21) e de CI (Quadro 22).

Quadro 21. Classificação de uma modalidade de *output* quanto ao seu grau de naturalidade

1. **MODALIDADE DE OUTPUT Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e em que o procedimento de sua emissão se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto.
2. **MODALIDADE DE OUTPUT Natural Artificializada** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas em que o procedimento de sua emissão se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto.
3. **MODALIDADE DE OUTPUT Artificial** — implica a utilização de um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



Quadro 22. Classificação de um canal de *input* quanto ao seu grau de naturalidade

1. **CANAL DE INPUT Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e em que o procedimento de sua aquisição se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto.
2. **CANAL DE INPUT Natural Artificializado** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas em que o procedimento de sua aquisição se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto.
3. **CANAL DE INPUT Artificial** — implica a utilização de um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



1.4. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade integrada de modalidades de interacção

Estando analisados os níveis internos de uma MI (uma MO e o consequente CI), é chegado o momento de se proceder à classificação das MIs de um modo global.

A classificação pode ser realizada utilizando uma grelha de emparelhamento e codificação de MOs e CIs (Quadro 23). Além da referida imparcialidade interpretativa, a adopção de uma tal grelha, evita uma hierarquização dependente entre MOs e CIs, em face do entendimento de que, no âmbito da estruturação de uma MI, a sua importância relativa é idêntica.

Quadro 23. Grelha de emparelhamento do grau de naturalidade de modalidades de *output* e canais de *input* ao nível dos processos interactivos

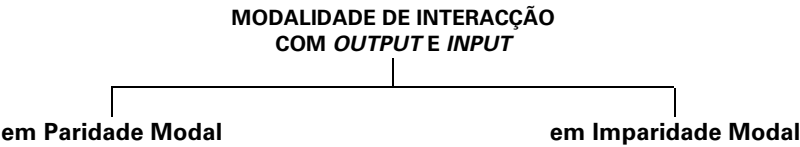
		Canal de <i>Input</i>		
		Natural	Natural Artificializado	Artificial
Modalidade de <i>Output</i>	Natural	MI Natural/Natural	MI Natural/Natural Artificializado	MI Natural/Artificial
	Natural Artificializada	MI Natural Artificializada/Natural	MI Natural Artificializada/Natural Artificializado	MI Natural Artificializada/Artificial
	Artificial	MI Artificial/Natural	MI Artificial/Natural Artificializado	MI Artificial/Artificial

Por outro lado, entende-se que o carácter neutro interpretativo associado a esta grelha de emparelhamento e codificação, negligencia o potencial de análise relacionado ao modo como as MOs e os respectivos CIs se compaginam em termos de naturalidade/artificialidade (Quadro 24.1). De facto, diferentes interfaces homem-computador poderão proporcionar diferentes associações de canais sensoriais, originando uma paridade ou uma imparidade modal em termos de naturalidade, revelando esta um valor analítico em si mesmo (nomeadamente em contextos específicos que dão origem a casos paradigmáticos).

Quadro 24.1. Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (i)

1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal — a MO e o CI utilizados encontram-se conjugados em termos do seu grau de naturalidade.

2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal — a MO e o CI utilizados não se encontram conjugados em termos do seu grau de naturalidade.



O conceito de paridade/imparidade modal, na conjugação de MOs com os consequentes CIs, não se debruça sobre um paralelismo repetitivo entre estes ao nível dos canais sensoriais utilizados. Coloca-se, isso sim, o foco na paridade modal entre o grau de naturalidade individual destes, sendo esta a análise considerada relevante.

Uma classificação do paralelismo de carácter repetitivo entre os canais sensoriais utilizados na MO e no CI (e.g. recurso à modalidade visual de *output* e ao canal visual de *input*) revelar-se-ia como mera curiosidade, não lhe sendo encontrado qualquer outro valor que não esse. Recorde-se, a este propósito, a opção pela não apresentação de uma taxonomia dos canais sensoriais.

Por sua vez, a classificação da conjugação de MOs e de CIs em termos de paralelismo do grau de naturalidade, permite a identificação, por exemplo, de MIs (e, eventualmente, de PIs) totalmente naturais, possuindo esta condição um valor conceptual relevante.

Deste modo, entende-se por Paridade Modal Natural a ocorrência da utilização de uma MO de carácter natural e a aquisição do correspondente conteúdo informativo através de um CI também natural.

Por exemplo, um AH poderá acenar "adeus" a um AI (MO háptica), com o intuito de lhe solicitar que este se desligue, podendo o AI adquirir essa informação através de uma *webcam* (CI visual). Neste caso, constata-se que o AH comunicou naturalmente e que o AI adquiriu também naturalmente a informação transmitida, verificando-se uma paridade modal concordante de carácter natural entre ambos os processos (apesar da diferença de âmbito sensorial existente).

Por outro lado, poderemos ter um AH a dizer "adeus" (MO auditiva), com o mesmo intuito, e o AI poderá adquirir essa informação através de uma *webcam* (CI visual), processando e interpretando o movimento labial com vista a determinar o conteúdo informativo (leitura de lábios), em vez recorrer a um microfone. Verifica-se que a informação foi comunicada naturalmente e adquirida artificialmente, existindo uma Imparidade Modal.

Estando este contexto clarificado, apresentam-se as várias alternativas de classificação de MIs (Quadro 24.2) que se consideram possíveis.

Quadro 24.2. Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade (ii)

1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal — *classe caracterizada anteriormente.*

1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural — a MO e o CI são Naturais.

1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — a MO e o CI são Naturais Artificializados.

1.C MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Artificial — a MO e o CI são Artificiais.

2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal — *classe caracterizada anteriormente.*

2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado — a MO é Natural e o CI é Natural Artificializado.

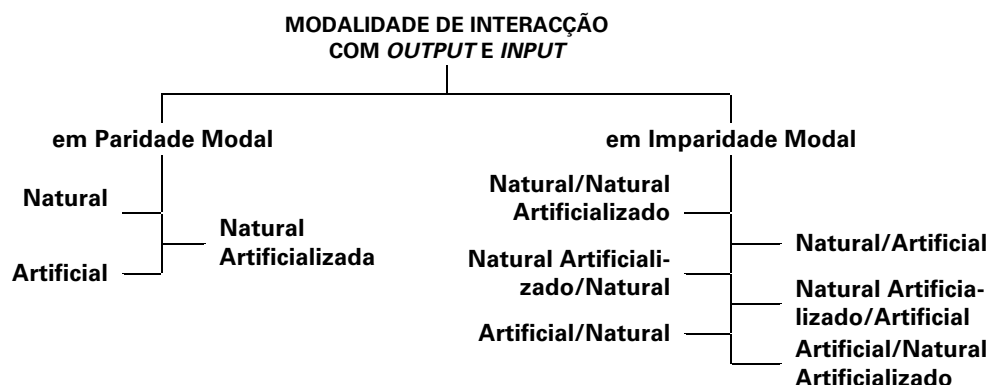
2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — a MO é Natural e o CI é Artificial.

2.C MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Natural — a MO é Natural Artificializada e o CI é Natural.

2.D MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial — a MO é Natural Artificializada e o CI é Artificial.

2.E. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Artificial/Natural — a MO é Artificial e o CI é Natural.

2.F. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado — a MO é Artificial e o CI é natural artificializado.



Atente-se no carácter descritivo das várias possibilidades de imparidade modal: visa-se o relevo das classificações atribuídas, respectivamente à MO e ao CI utilizados, não se propondo qualquer designação de carácter conceptual.

Efectivamente, apenas as Modalidades de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal possuem um carácter paradigmático. O sistema de classificação proposto referencia estas três classes de MIs que, enquanto casos particulares de grau de naturalidade interno homogéneo, podem adoptar uma designação mais sintética e operativa.

Assim: a Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural pode ser designada por Modalidade de Interacção Natural; a Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural Artificializada por Modalidade de Interacção Natural Artificializada; e a Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Artificial por Modalidade de Interacção Artificial.

O carácter sintético e intuitivo destas denominações favorece a sua utilização embora não devam ser confundidas com as classificações propostas inicialmente, sem a abordagem decomposta nos níveis internos das MIs — recorde-se o abandono desse sistema de classificação.

Numa abordagem exemplificativa, analisem-se as MOs e consequentes CIs utilizados no sistema proposto e apresentado por Bolt (1980), na manipulação de objectos virtuais (criação, translação, cópia, remoção, coloração, aumento e nomeação de formas geométricas através da combinação de discurso oral e de gestos deícticos).

Estes não poderão ser classificados de modo idêntico. Apesar de se verificar uma utilização natural do canal sensorial do ponto de vista da emissão e da aquisição do discurso oral (MO humana auditiva processa-se através da voz, e o CI informático auditivo processa-se

através de um microfone de cabeça), o mesmo não se poderá afirmar quanto à emissão e aquisição dos gestos deícticos.

Repare-se, no entanto, que quando se classifica o PII humano como recorrendo a uma Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural, no âmbito do discurso oral, não se está a afirmar que nos encontramos perante uma forma de comunicação oral perfeita. De facto, a emissão de comandos orais no sistema proposto por Bolt (1980) encontra-se limitada a uma gramática e sintaxe rígidas, apesar de se reconhecer uma naturalidade oral nos comandos emitidos ("coloca aquilo aqui", "cria um quadrado azul ali", "move o triângulo azul para a direita do quadrado verde", etc.). O que efectivamente se verifica é a associação da MO humana e do CI informático que são naturais no tipo de comunicação em questão.

O mesmo não sucede, como foi mencionado, no âmbito do gesto deíctico utilizado ao nível do PII humano. O apontar para algo, de um ponto de vista da comunicação natural homem-homem, ocorre através do uso de um gesto muito específico feito com a mão (através do uso do dedo indicador esticado) e é adquirido através da visão.

Ora, no sistema apresentado e descrito por Bolt (Idem) temos o procedimento do apontar, a ocorrer através da manipulação de um sensor em forma de cubo que se encontra preso ao braço (mais especificamente, junto do pulso) e que, com base em variações de campos magnéticos, transmite para um segundo sensor (através de um cabo) a orientação da mão em relação ao ecrã. De facto, não é sequer necessária a utilização do dedo indicador, bastando o posicionamento do braço na direcção do ecrã (é o braço que aponta e os dedos da mão podem estar numa qualquer posição).

Deste modo, a execução e aquisição do gesto deíctico, no âmbito do PII humano apresentado por Bolt (Idem), compreende o recurso a uma Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Imparidade Modal Natural Artificializado/Artificial.

1.5. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade integrada de processos interactivos

1.5.1. Grau de naturalidade de processos interactivos unimodais

Os PIs Unimodais recorrem a apenas uma MI no processo de transporte de dados entre o agente emissor e o correspondente agente receptor. Esta MI compreende os seus níveis internos de MO e de CI pelo que a classificação de um PI Unimodal (Quadro 25) está intrinsecamente associada à classificação que lhe for atribuída.

Quadro 25. Classificação de um processo interactivo unimodal quanto ao seu grau de naturalidade

1. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal — a MI integra uma MO e um CI conjugados em termos do seu grau de naturalidade.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural — a MI integra uma MO Natural e um CI Natural.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — a MI tem a MO e o CI em Paridade Modal Natural Artificializada.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Artificial — a MI tem a MO e o CI em Paridade Modal em Paridade Modal Artificial.

2. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal — a MI integra uma MO e um CI que não se encontram conjugados em termos do seu grau de naturalidade.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializada.

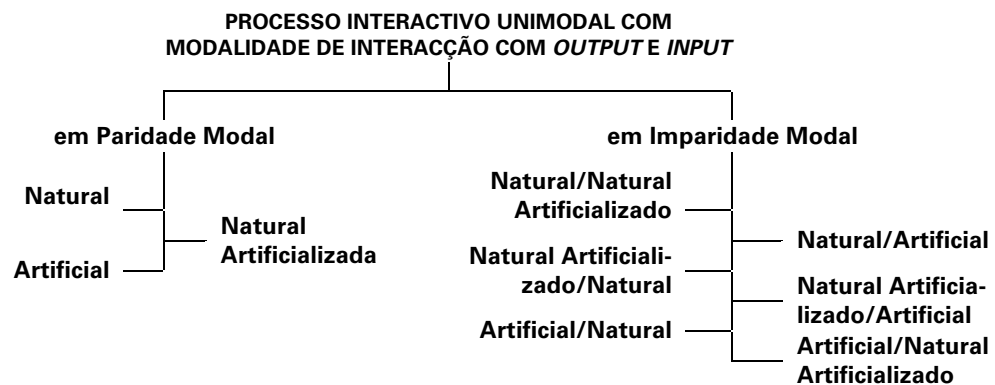
2.A. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural/Artificial.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Natural — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural Artificializada/Natural.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial.

2.E. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Artificial/Natural — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Artificial/Natural.

2.F. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado.



Também aqui se pode proceder à simplificação da designação de três classes de PIs Unimodais de grau de naturalidade interno homogéneo. Estas correspondem às três possibilidades de Processos Interactivos Unimodais com Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal. Deste modo, teremos o Processo Interactivo Unimodal Natural, o Processo Interactivo Unimodal Natural Artificializado e, por fim, o Processo Interactivo Unimodal Artificial. Como se referiu, enquanto casos paradigmáticos, a formulação de designações sintéticas e intuitivas favorece a sua utilização e evidencia o seu carácter.

1.5.2. Grau de naturalidade de processos interactivos multimodais

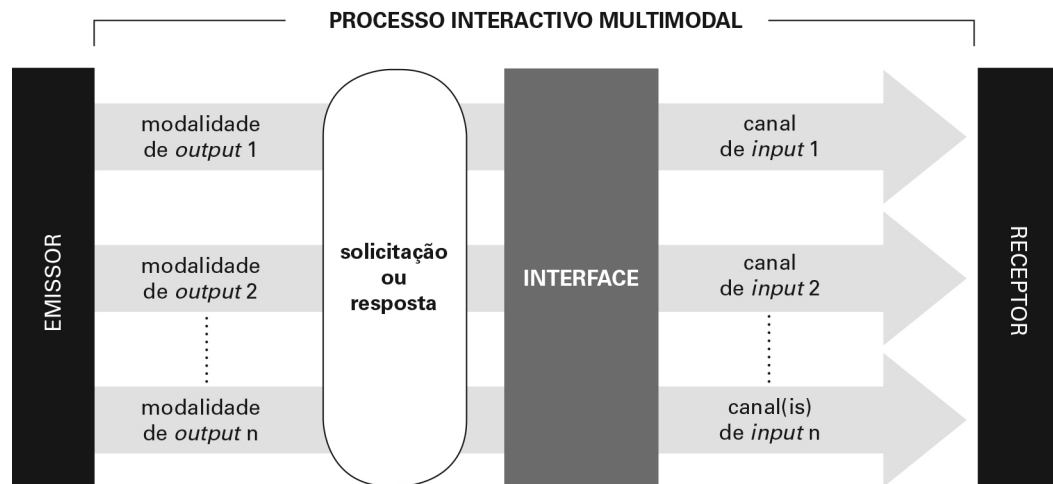
Apesar de se ter assinalado os defensores do paradigma da HCI estritamente natural como os principais interessados na atomização da compreensão dos PIs em termos do seu carácter natural/artificial, salienta-se que estas propostas de classificação não encontram relevância apenas junto destes.

O maior ou menor grau de naturalidade no desenvolvimento dos PIs possui relevância para qualquer AH, uma vez que possibilita a minimização de curvas de aprendizagem e a optimização da usabilidade em geral. Ressalve-se, no entanto, que a naturalidade dos PIs não deve ser encarada como um fim si mesma. De facto, CIs e/ou MOs Artificial ou Natural Artificializada poderão assegurar HCIs mais eficazes em certos contextos (aumentando, por exemplo, a velocidade de interacção).

Recorde-se, a este propósito, a posição de Sharma (1998) de que se devem privilegiar as MIs que assegurem o cumprimento mais eficaz de uma qualquer tarefa, defendendo que os interfaces clássicos apresentam algumas MIs de usabilidade superior às ditas naturais.

Por outro lado, não será indiferente o recurso à conjugação de duas ou mais MIs em Paridade Modal Natural ou o recurso à conjugação de duas ou mais MIs em que uma seja, por exemplo, MI Natural e pelo menos uma das outras seja MI Artificial. Assim, propõe-se a expansão evolucionária da classificação apresentada para o âmbito dos PIs Multimodais, assente no modelo de processo interactivo multimodal adoptado.

Dito de outro modo, visa-se a classificação de uma paridade/imparidade modal global que integre simultaneamente as MOs e os CIs de todas as MIs utilizadas no âmbito de um PI Multimodal (Fig. 30).

Figura 30. Proposta de modelo de processo interactivo multimodal

A classificação de PIs Multimodais possui o potencial de gerar um nível de granularidade elevado, uma vez que integra a análise conjugada de pelo menos duas MIs, com a integração da análise interna das suas MOs e dos seus CIs. No entanto, é possível minimizar esta complexidade recorrendo-se à síntese aditiva das classificações atribuídas a cada uma das MIs a que recorre.

Por exemplo, no caso da classificação do PI Multimodal exposto por Bolt (1980), em que se recorre a apenas duas MIs, ter-se-ia um Processo Interactivo Multimodal com Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural + Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Imparidade Modal Natural Artificializado/Artificial. No entanto, quanto maior for o número de MIs envolvidas, maior será a extensão da referida descrição/classificação descritiva.

Essa maior ou menor extensão não estará necessariamente associada a um aumento do grau de complexidade desta, uma vez apenas implica o aditar sucessivo das diferentes classificações atribuídas às MIs individuais, sem a necessidade de qualquer tipo de análise.

Por outro lado, uma análise ao grau de naturalidade de um PI Multimodal com base nas diferentes MIs recorridas possuirá, inevitavelmente, um potencial de complexidade elevado e a sua realização deverá ser ponderada face ao risco de abstracção.

Não deixa, no entanto, de ser possível a abordagem e classificação de casos paradigmáticos de PIs Multimodais. Por exemplo, um PI que recorra a três MIs Natural, poderá ser classificado como: Processo Interactivo Multimodal com Modalidade de Interação com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural + Modalidade de Interação com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural + Modalidade de Interação com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural. Trata-se de uma simples classificação aditiva que, no entanto, possibilita a atribuição de uma classificação analítica global: Processo Interactivo Multimodal Natural. Este processo analítico será, do mesmo modo, simples de concretizar para os demais casos paradigmáticos: o Processo Interactivo Multimodal Natural Artificializado e o Processo Interactivo Multimodal Artificial.

Por outro lado, as possibilidades de combinações de MIs que originam imparidade modal deverão conservar a sua classificação aditiva e descritiva. Recorde-se que essa classificação estará dependente do número de MIs em uso, sendo por essa razão impossível a apresentação de uma tabela de emparelhamento e codificação.

1.5.2.1. Grau de naturalidade das modalidades de *output* de processos interactivos multimodais

A análise e classificação, do ponto de vista individual do agente emissor ou receptor no âmbito de um PI Multimodal, assume-se como um processo de valor analítico, sendo uma mais valia para a sua compreensão. De facto, através da análise individualizada ao nível dos agentes emissor (no âmbito das MOs) e receptor (no âmbito dos CIs), é possível gerar uma análise globalizante comparativa.

Deste modo, apresenta-se inicialmente a proposta de sistema de classificação (Quadro 26) do modo como um AH ou AI intervém no papel de emissor de um PI Multimodal em termos do grau de naturalidade dos canais sensoriais ao nível das várias MOs a que recorre.

Quadro 26. Classificação de um processo interactivo multimodal quanto ao grau de naturalidade das suas modalidades de *output*

1. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal — as MOs utilizadas possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal Natural — as MOs utilizadas são todas MO Natural.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — as MOs utilizadas são todas MO Natural Artificializado.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal Artificial — as MOs utilizadas são todas MO Artificial.

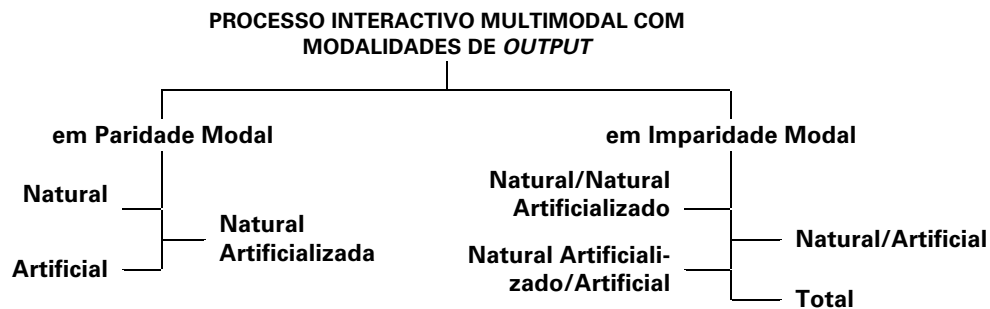
2. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal — as MOs utilizadas não possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializada — recorre-se a uma ou mais MOs Natural e a uma ou mais MOs Natural Artificializado.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — recorre-se a uma ou mais MOs Natural e a uma ou mais MOs Artificial.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial — recorre-se a uma ou mais MOs Natural Artificializado e a uma ou mais MOs Artificial.

2.D. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Total — recorre-se a uma ou mais MOs Natural, a uma ou mais MOs Natural Artificializado e a uma ou mais MOs Artificial.



1.5.2.2. Grau de naturalidade dos canais de *input* de processos interactivos multimodais

Justifica-se agora a apresentação da proposta de sistema de classificação do modo como um AH ou AI intervém no papel de receptor num PI Multimodal em termos da naturalidade/artificialidade dos canais sensoriais utilizados ao nível dos vários CIs a que recorre (Quadro 27). Esta proposta de sistema de classificação encontra paralelo conceptual na apresentada para as MOs, assumindo-se como uma transposição da mesma para o contexto de CIs.

Quadro 27. Classificação de um processo interactivo multimodal quanto ao grau de naturalidade dos seus canais de *input*

1. **PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal** — os CIs utilizados possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.
 - 1.A. **PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal Natural** — os CIs utilizados são todos CI Natural.
 - 1.B. **PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada** — os CIs utilizados são todos CI Natural Artificializado.
 - 1.C. **PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal Artificial** — os CIs utilizados são todos CI Artificial.
2. **PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal** — os CIs utili-

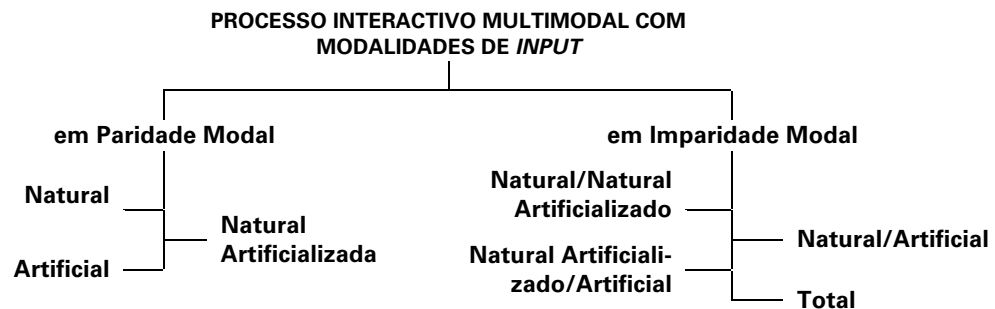
zados não possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado — recorre-se a um ou mais CIs Natural e a um ou mais CIs Natural Artificializado.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — recorre-se a um ou mais CIs Natural e a um ou mais CIs Artificial.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializado/Artificial — recorre-se a um ou mais CIs Natural Artificializado e a um ou mais CIs Artificial.

2.D. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Total — recorre-se a um ou mais CIs Natural, a um ou mais CIs Natural Artificializado e a um ou mais CIs Artificial.



1.5.2.3. Grau de naturalidade integrada de processos interactivos multimodais em função da classificação das suas modalidades de *output* e canais de *input*

A individualização, quer das MOs (centrada no emissor do PI Multimodal), quer dos CIs (centrado no seu receptor), leva a que a classificação de um PI Multimodal possa resultar também da simples junção das suas classificações. A este propósito, recorde-se o carácter agregador da definição de MIs: integra a MO utilizada pelo emissor dos dados modais e o CI utilizado pelo seu receptor.

O carácter dual das MIs permite a apresentação de uma grelha de emparelhamento (Quadro 28) que descreva as possibilidades de articulação ao nível da paridade/imparidade modal do grau de naturalidade da acção dos agentes envolvidos num PI.

Quadro 28. Grelha de emparelhamento do grau de naturalidade de modalidades de *output* e canais de *input* utilizados num processo interactivo multimodal

		Canais de <i>Input</i>						
		em Paridade Modal			em Imparidade Modal			
		A. Natural	B. Natural Artificializada	C. Artificial	D. Natural/ Natural Artificializado	E. Natural/ Artificial	F. Natural Artificializada/ Artificial	G. Total
Modalidades de <i>Output</i>	em Paridade Modal	1. Natural						
		2. Natural Artificializada						
		3. Artificial				X		
	em Imparidade Modal	4. Natural/ Natural Artificializado						
		5. Natural/ Artificial						
		6. Natural Artificializado/ Artificial						
		7. Total						

A grelha de emparelhamento apresenta a título de exemplo um hipotético PI Multimodal (com um X) caracterizado por MOs em Paridade Modal Artificial e CIs em Imparidade Modal Natural/Artificial.

Deste modo, para além da proposta de sistema de classificação de PIs Multimodais inicialmente apresentada (síntese aditiva das classificações atribuídas às modalidades de interac-

ção recorridas), propõe-se uma grelha de emparelhamento caracterizador da paridade/imparidade modal das MOs com a paridade/imparidade modal dos consequentes CIs.

Ressalve-se que a excessiva granularidade alcançada através desta grelha de emparelhamento não apresenta constrangimentos objectivos, uma vez que o processo de classificação de um PI (PII ou PIR) não pressupõe a selecção directa da classificação a atribuir de entre um universo de quarenta e nove opções distintas, mas sim a classificação aditiva das MOs utilizadas, de entre um conjunto de sete possibilidades, e dos CIs, de entre um conjunto de outras sete possibilidades.

Por outro lado, a razoabilidade do recurso a esta grelha de emparelhamento e codificação poderá ser contestada face ao grau de atomização alcançado. Mas a sua simplificação poderia, por exemplo, passar pela não distinção entre uma MO/CI Natural Artificializado e uma MO/CI Artificial, concebendo-as como uma única classe (o mesmo se pode dizer, por exemplo, da fusão das classes de MO/CI Natural Artificializado e de MO/CI Natural, se se defendesse possuírem estas uma imediação conceptual mais relevante).

Uma fusão de conceitos pode, à primeira vista, apresentar-se como uma solução de reduzido impacto analítico, tornando o sistema de classificação mais operativo através da conversão das quarenta e nove combinações possíveis em apenas dezasseis.

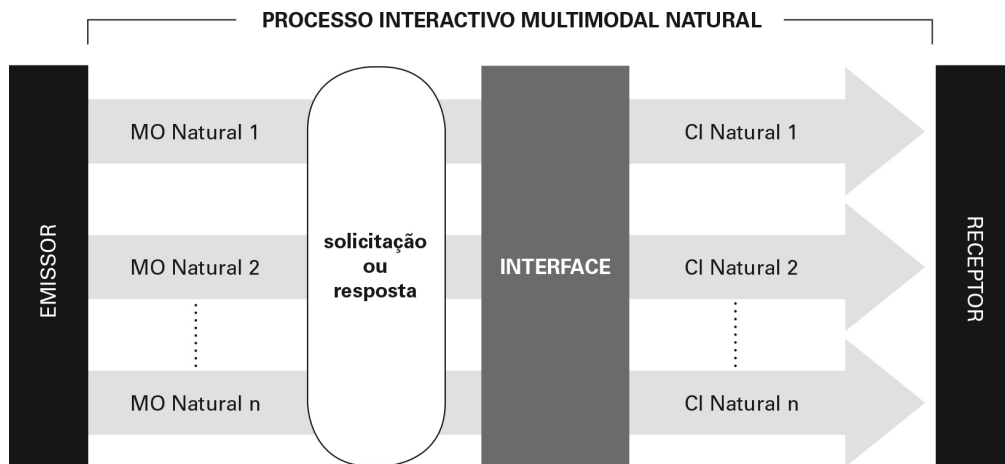
No entanto, deve-se ter em consideração que uma MO/CI Natural Artificializado possui um carácter particular, não subordinável à correspondente MO/CI Artificial ou MO/CI Natural. Estamos perante características próprias e o potencial de canais sensoriais naturais, através de processos artificializados, pode revelar-se uma mais valia.

Uma alternativa à referida simplificação da grelha de emparelhamento será o reconhecimento de que existem contextos de valor paradigmático que justificam um enfoque conceptual, por oposição à crescente abstracção dos demais, podendo estas salientar-se no contexto de um referencial de classificação simplificado.

Assim, o Processo Interactivo Multimodal com:

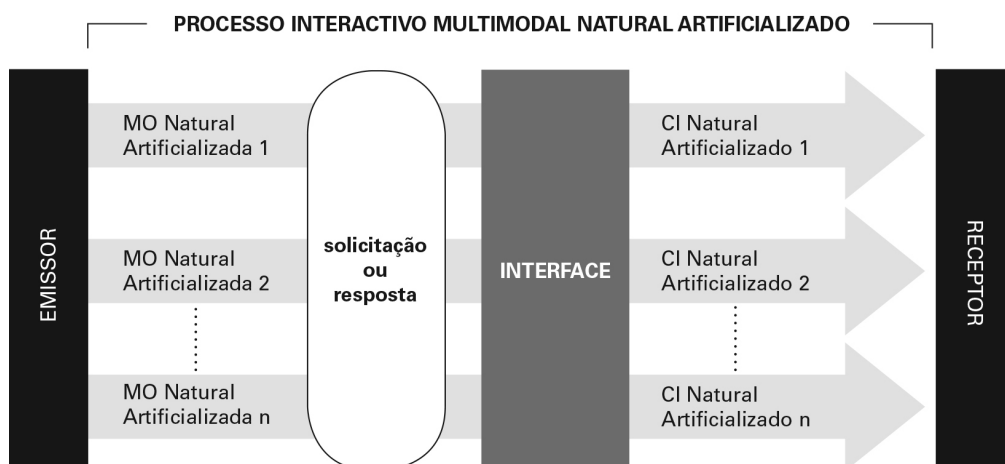
- Modalidades de *Output* em Paridade Modal Natural + Canais de *Input* em Paridade Modal Natural, pode ser designado sinteticamente por "Processo Interactivo Multimodal Natural" (Fig. 31);

Figura 31. Proposta de modelo de processo interactivo multimodal natural



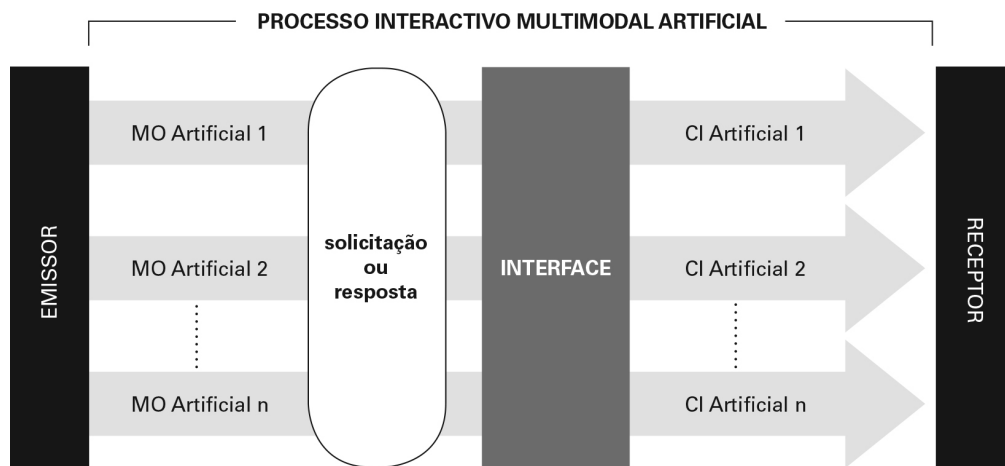
- Modalidades de *Output* em Paridade Modal Natural Artificializada + Canais de *Input* em Paridade Modal Natural Artificializada, pode ser designado por "Processo Interactivo Multimodal Natural Artificializado"(Fig. 32);

Figura 32. Proposta de modelo de processo interactivo multimodal natural artificializado



- Modalidades de *Output* em Paridade Modal Artificial + Canais de *Input* em Paridade Modal Artificial, pode ser designado por "Processo Interactivo Multimodal Artificial" (Fig. 33).

Figura 33. Proposta de modelo de processo interactivo multimodal artificial

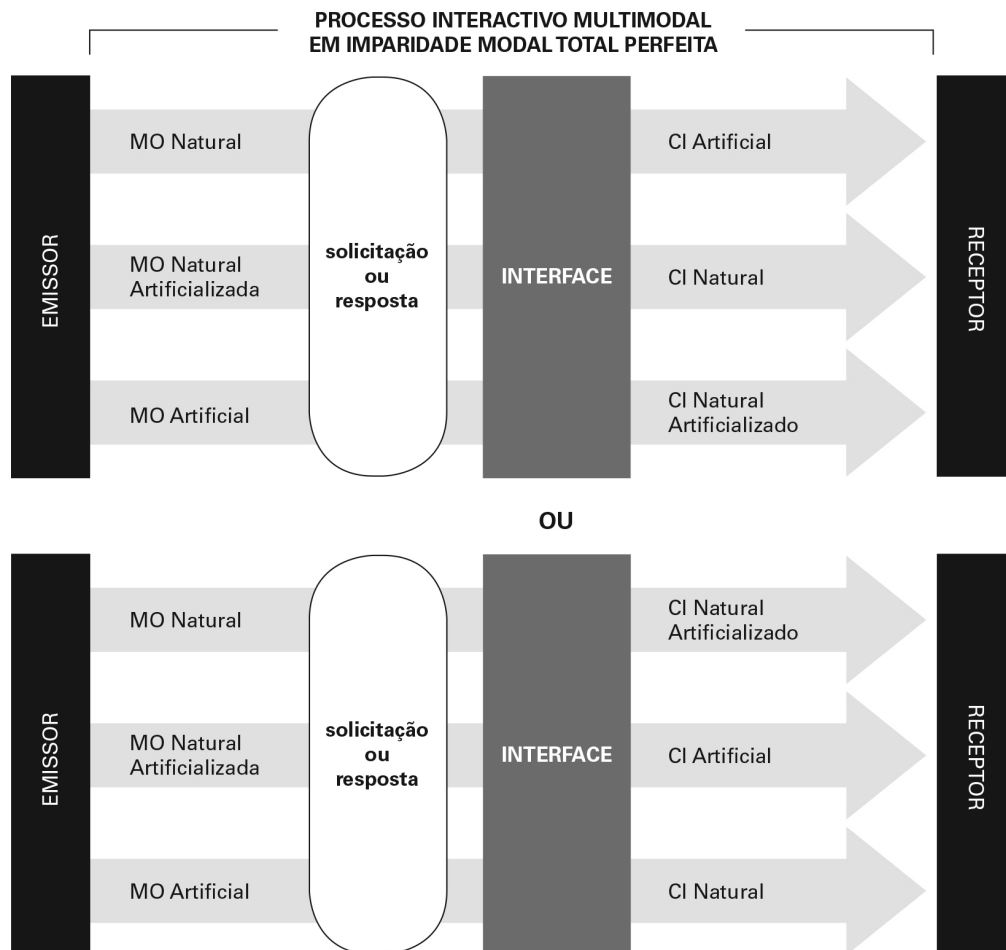


Realça-se ainda o caso particular do Processo Interactivo Multimodal com Modalidades de *Output* em Imparidade Modal Total + Canais de *Input* em Imparidade Modal Total que, ao contrário dos casos paradigmáticos de PI Multimodal com paridades modais ou demais casos de imparidades modais (que recorrem a duas ou mais MOs), envolve a utilização de um mínimo de três MIs. Este caso particular possibilita a análise de um quarto contexto paradigmático, com os seguintes pressupostos:

1. Utilização de exactamente três MIs (uma integra uma MO Natural, outra uma MO Natural Artificializada e a outra uma MO Artificial; uma integra um CI Natural, outra um CI Natural Artificializado e a outra um CI Artificial).
2. Cada uma das MIs possui imparidade modal interna (imparidade modal entre a sua MO e o seu CI).
3. As várias MIs possuem imparidade modal externa (imparidade modal entre si).

Este quarto contexto paradigmático assume um carácter formalmente oposto a qualquer um dos três contextos paradigmáticos de paridade modal já enunciados e pode ser designado de "Processo Interactivo Multimodal em Imparidade Modal Total Perfeita" (Fig. 34), resultando tanto de uma análise à imparidade modal interna (entre as várias MOs e os vários CIs utilizados no PI) como de uma análise à imparidade modal externa (entre diferentes MIs).

Figura 34. Proposta de modelo de processo interactivo multimodal em imparidade modal total perfeita



Repare-se que também se pode aplicar uma análise interna e externa aos demais casos paradigmáticos já enunciados.

Por exemplo, um Processo Interactivo Multimodal Natural é simultaneamente um Processo Interactivo Multimodal em que:

- todas as MOs utilizadas pelo emissor são MOs Natural;
- todos os CIs utilizados pelo receptor são CIs Natural;
- todas as MIs são MIs Natural.

Esta análise permite posicionar conceptualmente um Processo Interactivo Multimodal Natural como correspondendo ao nível de naturalidade máxima na HCI. Assim, a atribuição da classificação de Processo Interactivo Multimodal Natural pode resultar:

- da síntese aditiva das classificações individuais das MOs utilizadas pelo emissor e das classificações individuais dos CIs utilizados pelo receptor (sistema de classificação agora apresentado — Processo Interactivo Multimodal com Modalidades de *Output* em Paridade Modal Natural + Canais de *Input* em Paridade Modal Natural);
- ou da síntese aditiva das classificações individuais das MIs (sistema de classificação anteriormente apresentado — Processo Interactivo Multimodal com Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural + Modalidade de Interacção com *Output* e *Input* em Paridade Modal Natural + ...).

Estamos, assim, perante uma Paridade Modal Natural simultaneamente interna (entre a MO e o CI de cada uma das MIs recorridas) e externa (entre as várias MIs). Este raciocínio encontra paralelo nas desconstruções analíticas que se podem realizar ao Processo Interactivo Multimodal Natural Artificializado e ao Processo Interactivo Multimodal Artificial.

No entanto, o designado Processo Interactivo Multimodal em Imparidade Modal Total Perfeita não permite essa análise. De facto, este caso paradigmático impõe a articulação dos dois pontos de vista analíticos, sendo impossível de conceber com base em apenas um deles.

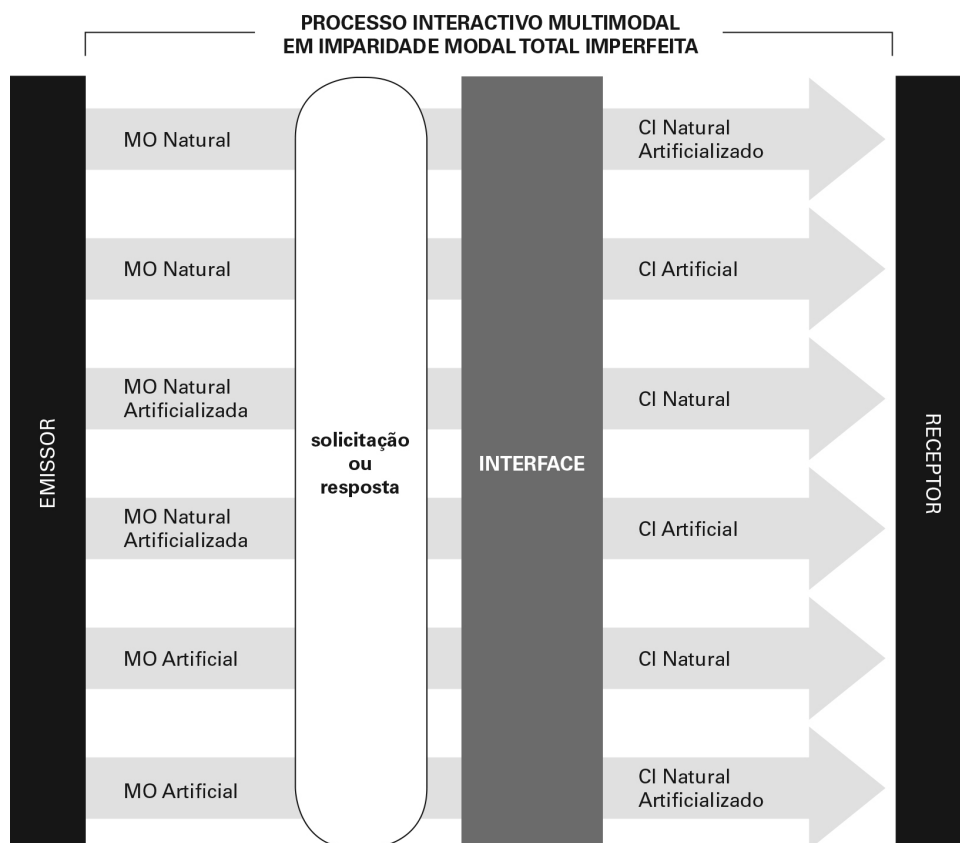
Uma outra particularidade que distingue o Processo Interactivo em Imparidade Modal Total Perfeita dos casos paradigmáticos de paridade modal é a existência de duas possibilidades de manifestação. Enquanto que nos últimos se verifica uma articulação de MIs — apresentando, como única variável, o número total de MIs recorridas — o contexto de imparidade modal

total imperfeita tem como limitação base o recurso a exactamente três (totalmente diferentes entre si). Dito de outro modo, aquilo que é constrangimento para os casos paradigmáticos de paridade modal (paridade modal entre MOs e CIs recorridos) é variável para o caso paradigmático de imparidade modal e aquilo que é variável para os casos de paridade modal (o número de MIs recorridas) é constrangimento para o caso de imparidade modal.

Por fim, destaca-se ainda uma classe invulgar de contexto paradigmático: o Processo Interactivo Multimodal em Imparidade Modal Total Imperfeita. Este quinto contexto de análise é caracterizado por recorrer a exactamente seis MIs em imparidade modal externa total.

A coexistência destas seis MIs impossibilita uma imparidade modal interna total, forçando-se o recurso a duas MIs com MOs de cada classe (duas da classe natural, duas da classe natural artificializado e duas da classe artificial) e também a dois CIs de cada classe (Fig. 35).

Figura 35. Proposta de modelo de processo interactivo multimodal em imparidade modal total imperfeita



A articulação entre a utilização das duas propostas de sistemas de classificação apresentadas revela o potencial da sua conjugação. A compreensão aprofundada do grau de naturalidade de um PI Multimodal é mais facilmente alcançada se for realizada com base na análise conjugada às paridades/imparidades modais interna e externa (Quadro 29).

Quadro 29. Caracterização de casos paradigmáticos de grau de naturalidade de processos interactivos multimodais

	PI Multimodal Natural	PI Multimodal Natural Artificializado	PI Multimodal Artificial	PI Multimodal em Imparidade Modal Total Perfeita	PI Multimodal em Imparidade Modal Total Imperfeita
Quantidade de MIs	2 ou mais MIs	2 ou mais MIs	2 ou mais MIs	exactamente 3 MIs	exactamente 6 MIs
Grau de naturalidade de MOs	Apenas MOs Natural	Apenas MOs Natural Artificializado	Apenas MOs Artificial	1 MO Natural 1 MO Natural Artificializado 1 MO Artificial	2 MOs Natural 2 MOs Natural Artificializado 2 MOs Artificial
Paridade/Imparidade Modal entre MOs	MOs em Paridade Modal Natural	MOs em Paridade Modal Natural Artificializada	MOs em Paridade Modal Artificial	MOs em Imparidade Modal Total	MOs em Imparidade Modal Total
Grau de naturalidade de CIs	Apenas CIs Natural	Apenas CIs Natural Artificializado	Apenas CIs Artificial	1 CI Natural 1 CI Natural Artificializado 1 CI Artificial	2 CIs Natural 2 CIs Natural Artificializado 2 CIs Artificial
Paridade/Imparidade Modal entre os CIs	CIs em Paridade Modal Natural	CIs em Paridade Modal Natural Artificializada	CIs em Paridade Modal Artificial	CIs em Imparidade Modal Total	Canais de <i>Input</i> em Imparidade Modal Total
Grau de naturalidade de MIs	Apenas MIs com <i>Output</i> e <i>Input</i> em Paridade Modal Natural	Apenas MIs com <i>Output</i> e <i>Input</i> em Paridade Modal Natural Artificializada	Apenas MIs com <i>Output</i> e <i>Input</i> em Paridade Modal Artificial	1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural/Artificial + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural Artificializado/Natural + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Artificial/Natural OU 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural/Artificial + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Artificial/Natural Artificializada	1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural/Artificial + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural/Natural Artificializado + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural Artificializado/Natural + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Natural Artificializado/Artificial + 1 MI com <i>Output</i> e <i>Input</i> em imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado

Ressalve-se que as características paradigmáticas de um PI ou de uma HCI são, em geral, motivo de interesse académico, assumindo-se como veículo de inovação e desenvolvimento. Este interesse é frequentemente apenas analítico, atendendo ao entendimento de que a opção por uma solução deverá estar constrangida a evidências funcionais e não a paradigmas. De facto, os vários contextos possuem características que podem ser alvo da concepção de *hardware* e *software* com vista à sua implementação, nomeadamente através do desenvolvimento de provas de conceito (relevantes nos processos de desenvolvimento de interfaces, permitindo testar soluções e sua usabilidade).

Retome-se, como exemplo, a análise do sistema apresentado por Bolt (1980). Neste, o AH utiliza um sensor háptico (preso ao braço) para apontar em direcção ao ecrã, indicando a posição ou objecto que será alvo de atenção por parte do sistema informático através de comandos orais. Ambas as MOs humanas recorrem ao canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural mas, enquanto que o comando oral é emitido através de um procedimento de transmissão de conteúdo informativo que se desenvolve de um modo equivalente a esse contexto, o movimento háptico do braço sofre um processo de artificialização (despreza-se a posição deíctica dos dedos). Teremos assim um Processo Interactivo Multimodal com Modalidades de *Output* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializada.

Por sua vez, ao nível dos CIs informáticos, assistimos à aquisição da orientação indicadora do braço humano através de variações de campos magnéticos entre o sensor preso ao braço e o sensor localizado na cadeira de controlo (um sistema háptico de aquisição de dados, artificial, em vez do natural sensor visual), enquanto que os comandos orais são captados por um microfone (sensor natural auditivo). Teremos assim um Processo Interactivo Multimodal com Canais de *Input* em Imparidade Modal Natural/Artificial.

Em síntese, o sistema descrito por Bolt (1980) promove o desenvolvimento de Processos Interactivos Multimodais com Modalidades de *Output* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializada e Canais de *Input* em Imparidade Modal Natural/Artificializada entre o AH (quando este assume o papel de emissor de dados modais) e o Sistema Informático (quando este assume o papel de receptor de dados modais).

1.6. Proposta de sistema de classificação do grau de naturalidade integrada de interacções

Analizados e classificados os níveis — MOs, CIs, MIs, PIs Unimodais, paridade/imparidade de MOs, paridade/imparidade de CIs, paridade/imparidade de MIs, PIs Multimodais — aborda-se agora o nível de maior grau de abstracção na abordagem sistemática ao grau de naturalidade dos contextos de HCI: as interacções.

A este propósito, justifica-se recapitular alguns conceitos abordados ao longo da tese. Recorde-se que uma HCI pode integrar apenas um PCPI — um PII e o consequente PIR (Interacção Singular) ou a mais do que um PCPIs (Interacção Complexa). Recorde-se ainda que cada um destes PIs pode recorrer a apenas uma MI (PI Unimodal) ou a mais do que uma MI (PI Multimodal). Por fim, cada MI pode processar apenas uma DI (MI Unidimensional) ou mais do que uma DI (MI Multidimensional), embora a dimensão de classificação da naturalidade das várias DIs de uma MI não seja relevante uma vez que, por definição, todas terão necessariamente a mesma natureza sensorial (a da MI).

A classificação do grau de naturalidade de uma HCI Simples não oferece uma grande dificuldade, embora o potencial de diversidade seja relevante (associado ao número de MIs do PII e do PIR).

Por outro lado, envolvendo o processo de classificação de uma HCI Complexa um grau de abstracção muito elevado, torna-se impossível, defende-se, a concepção de um sistema de classificação nocional que apresente uma razoabilidade classificativa operável. Por essa razão, propõe-se a adopção de um sistema de classificação aditivo de carácter descritivo, através da agregação sucessiva das classificações que se tenham atribuído aos vários PIs desenvolvidos.

Deste modo, a classificação a atribuir a uma qualquer HCI Complexa dependerá intrinsecamente dos vários PIs desenvolvidos. Um tal sistema de classificação permitirá uma análise e uma diferenciação analítica adequada, mantendo os processos classificativos a um nível de razoabilidade conceptualmente tangível e funcionalmente operável. Por uma questão de uniformidade de sistemas de classificação, defende-se que também as HCIs Simples deverão ser alvo do mesmo processo de classificação aditiva descritiva.

Em qualquer um dos contextos, serão identificáveis classes de desenvolvimento homogéneo de total paridade modal, nomeadamente as seguintes três: HCIs Naturais; HCIs Naturais Artificializadas; e HCIs Artificiais. Serão ainda identificáveis outras classes de desenvolvimento regrado, nomeadamente as classes em que os agentes emissores dos PIIs e dos PIRs adoptam um qualquer carácter modal diferenciado mas homogéneo, nomeadamente as seguintes seis: HCIs Naturais/Naturais Artificializadas; HCIs Naturais/Artificiais; HCIs Naturais Artificializadas/Naturais; HCIs Naturais Artificializadas/Artificiais; HCIs Artificiais/Naturais; e HCIs Artificiais/Naturais Artificializadas.

Trata-se de um conjunto de classes nocionais que, independentemente do grau de abstracção associado à classificação de HCIs, justificam enquadramento analítico.

SÍNTESE CONCLUSIVA

A naturalidade de interacção tem, desde os primórdios da concepção e desenvolvimento de sistemas informáticos, sido um objectivo prosseguido para a maioria dos interfaces.

O postulado de que uma HCI de carácter natural, definida como aquela que replica os modos de comunicação desenvolvidos habitualmente entre humanos e/ou entre humanos e o ambiente, assegura o desenvolvimento de interacções mais fáceis e que melhor cumprem os objectivos de interacção de um AH, encontra-se de tal modo enraizado na cultura contemporânea que facilmente se negligenciam estudos que demonstram que MIs Artificiais são, em determinados contextos, mais adequadas. Trata-se de uma preconcepção que encontra forte implantação, inclusive, no meio académico, não sofrendo muitas vezes validação ou questionamento. Também ao nível do mercado, a apresentação de soluções de interacção ditas mais naturais constitui em si mesmo um recurso publicitário que dificilmente se vê desprezado por vendedores ou consumidores.

Deste modo, a naturalidade na interacção assume-se como um paradigma incontornável, justificando-se a sua devida análise e classificação. A classificação do grau de naturalidade no recurso a uma MI deve compreender as classes de:

- MI Natural, quando a MI implica a utilização do canal sensorial que é natural aos modos de comunicação equivalentes em contexto homem-homem ou homem-ambiente e, cumulativamente, o procedimento de utilização desse canal sensorial se desenvolve de modo equivalente ao que seria desenvolvido nesse contexto;
- MI Natural Artificializada, quando a MI implica a utilização do canal sensorial que é natural aos modos de comunicação equivalentes em contexto homem-homem ou homem-ambiente mas, por outro lado, o procedimento de utilização desse canal sensorial se desenvolve de modo dissemelhante ao que seria desenvolvido nesse contexto;
- MI Artificial, quando a MI implica a utilização de um canal sensorial que não é natural aos modos de comunicação equivalentes em contexto homem-homem ou homem-ambiente.

No entanto, o conceito de MI justifica a sua decomposição nas suas componentes de MO e de CI. Deste modo, a classificação ora apresentada deverá ser contextualizada a cada uma destas componentes, potenciando a caracterização mais fina do grau de naturalidade efectivamente desenvolvido.

Perspectivam-se, deste modo, MIs: em paridade modal, quando se constituírem através do recurso simultâneo de uma MO e de um CI com o mesmo carácter modal (natural, natural artificializado ou artificial); e em imparidade modal, quando a MO e o CI envolvidos possuírem diferente carácter modal (devendo este ser identificado, de modo a se desenvolver uma melhor compreensão dos meios de desenvolvimento da referida modalidade de interacção).

A caracterização das MIs recorridas deve originar uma posterior caracterização dos PIs que a elas recorrem, com particular acuidade no âmbito de PIs Multimodais. Neste âmbito, propõe-se a caracterização global dos referidos PIs através de uma descrição aditiva do grau de naturalidade global de cada uma das MIs, possibilitando uma avaliação de carácter comparativo entre estas.

Poder-se-á ainda adoptar uma metodologia alternativa, em que se vise a classificação repartida ao nível do emissor e do receptor do referido PI Multimodal. Deste modo, caracterizar-se-ão as seguintes possibilidades articulação de MOs do PI: em paridade modal (natural, natural artificializada ou artificial); e em imparidade modal (sendo esta caracterizada).

O mesmo sucederá para a caracterização das possibilidades de articulação de CIs no PI: em paridade modal (natural, natural artificializada ou artificial); e em imparidade modal (sendo esta caracterizada). Esta qualificação origina a possibilidade de se caracterizar globalmente o referido PI, através de uma descrição aditiva do modo como as MOs se conciliam entre si e do modo como os CIs se conciliam também entre si, possibilitando uma comparação de carácter modal entre estas duas componentes de uma MI.

As duas metodologias de análise e classificação do grau de naturalidade no desenvolvimento de PIs Multimodais possuem objectivos distintos e complementares, defendendo-se a sua articulação no sentido de se promover uma melhor compreensão dos PIs desenvolvidos. Por um lado, a primeira corresponde a uma análise modal interna, classificando-se os PIs Multimodais com base na classificação atribuída a cada uma das suas MIs; por outro, a segunda corresponde a uma análise modal externa, classificando-se autonomamente os modos

de acção dos agentes emissor e receptor.

Por fim, atendendo ao grau de atomização alcançado no âmbito de PIs Multimodais, a classificação do grau de naturalidade desenvolvida numa HCI Complexa assume uma abstracção que dificilmente poderá ser conceptualizada para as diferentes classes.

Deste modo, propõe-se também aqui que a sua classificação se restrinja a uma descrição de carácter aditivo que associe as classificações atribuídas para os vários PIs desenvolvidos. De facto, se atendermos ao carácter estratificado de uma Interacção Complexa (que recorre necessariamente a pelo menos dois PCPIs mas pode integrar um número indefinido), dificilmente se poderá justificar a apresentação de um sistema de classificação nocional.

Capítulo 7

DESIGN SPACES

NOTA INTRODUTÓRIA

A sistemática e classificação de sistemas de interacção multimodal homem-computador é uma área que tem, justificadamente, despertado o interesse académico. No entanto, a apresentação de taxonomias e sistemas de classificação nem sempre adopta morfologias discretas de carácter linear ou arborizado hierarquicamente, e apresentam-se, muitas vezes, através de *design spaces*.

Estes suportam-se na defesa de que uma compartimentação modular das características de sistemas de interacção permite a apresentação de um catálogo de casos paradigmáticos de HCI e o posicionamento de casos específicos puros ou próximos. Assim, funcionam como uma ferramenta que, apesar das suas restrições, se revela mais flexível e simples de utilizar.

O presente capítulo visa a análise de *design spaces* apresentados academicamente e a discussão da sua validade e funcionalidade classificativa, por oposição a sistemas de classificação multidimensionais e profusamente reticulados como as taxonomias e as tipologias.

Há vários anos atrás, compus em alguns aforismos ou frases curtas a teoria e instituições de botânica sob o nome de Fundamenta Botanica; a explicação de tais aforismos, através de exemplos, observações e demonstrações, distintas e precisas definições de plantas e termos da arte, eu intitulei de Philosophia Botanica, porque neles estavam contidos os princípios e preceitos da ciência.

Carolus Linnæus (1792: v)

1. DESIGN SPACES

O entendimento de que várias dimensões de classificação do âmbito da HCI se devem integrar num único conceito identitário global constitui uma tendência analítica particularmente activa, com especial incidência na década de 90 do século XX. Esta agregação classificativa, no âmbito de um *design space*, recebeu relevante atenção académica, nomeadamente no contexto do desenvolvimento de provas de conceito.

Através da concepção destes *design spaces* é possível obter níveis de classificação de abstracção superior que agregam, paradigmaticamente, as inúmeras características de nível inferior que um sistema de interacção apresenta. Trata-se de uma abordagem analítica que justifica a sua caracterização no âmbito da HCI e que legitima um enquadramento comparativo face às taxonomias.

1.1. Estado da arte

A distinção entre taxonomias e *design spaces* é analisada por Kontkanen (2002), defendendo este que uma taxonomia corresponde à classificação discreta de entidades num conjunto de classes pré-definidas e limitadas, enquanto que um *design space* corresponde a um espaço contínuo composto por infinitas possibilidades de posicionamento entre os seus eixos e onde cada entidade possui o seu lugar próprio. O grande desafio na base da concepção de uma taxonomia é, considera, o da definição de classes que justifiquem, por si, a importância de se classificar uma entidade. Por outro lado, a selecção dos eixos de um *design space* afecta a sua usabilidade prática.

Considera, ainda, que uma taxonomia pode ser criada através da reticulação fina de um *design space*, defendendo ser este um bom ponto de partida.

A este propósito, Nigay e Coutaz (1996) constataam que os vários *design spaces* colocam as questões certas e funcionam como ponto de partida para o desenvolvimento de sistemas de interacção. São, defendem, espaços de reflexão coerentes e válidos para o seu contexto de análise e utilização, posicionando-se em diferentes perspectivas: modelos centrados nas preocupações de usabilidade do utilizador, por oposição a modelos centrados no desenvolvimento técnico dos sistemas; modelos centrados na análise de questões de elevado nível de abstracção, por oposição a modelos centrados em questões de baixo nível de abstracção; e ainda modelos centrados na aquisição de dados multimodais, por oposição a modelos centrados na emissão de dados multimodais. Esse carácter diverso permite-lhes uma adequação sectorial a contextos de análise distintos, nomeadamente às fases de concepção e de desenvolvimento.

Coutaz e Caelen (1991) apresentam um *proto-design space* em que consideram relevantes vários âmbitos de classificação. Por um lado, os interfaces multimodais podem-se classificar em: interfaces de multimodalidade exclusiva, quando múltiplas modalidades se encontram disponíveis ao utilizador mas apenas uma é utilizada na expressão de *input* ou *output* gerada; e interfaces de multimodalidade sinérgica, quando múltiplas modalidades se encontram disponíveis ao utilizador e múltiplas modalidades são utilizadas na expressão de *input* ou *output* gerada. Por outro lado, chamam a atenção para a questão da simultaneidade na utili-

zação das modalidades disponibilizadas pelo interface, referindo que esse evento encontra correspondência com as classificações anteriormente enunciadas. De tal modo que se pode verificar a produção de múltiplas expressões em simultâneo, cada uma produzida por apenas uma modalidade (no caso da multimodalidade exclusiva), ou a produção de uma única expressão, através dos sinais produzidos pelas múltiplas modalidades (no caso da multimodalidade sinérgica).

Estes dois eixos de análise propostos são apresentados como construtores de um *proto-design space* e encontram-se na base analítica de um conjunto de *design spaces* desenvolvidos na sua continuidade.

Por exemplo, Gourdol *et al* (1992) defendem uma classificação de sistemas multimodais de HCI em dois eixos de classificação: classificação da utilização suportada das modalidades (*supported use of the modalities*); e classificação do nível de interpretação dos dados introduzidos ou do nível de geração de dados apresentados (*level of input data interpretation or output data generation*).

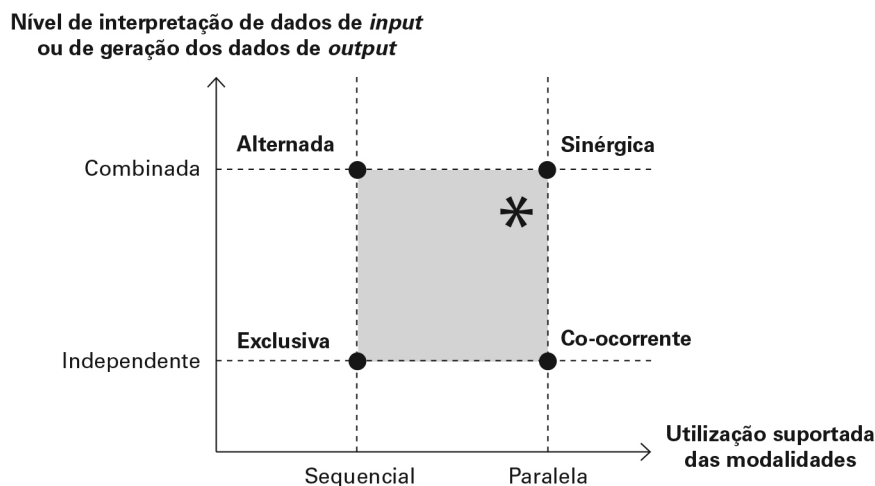
O primeiro eixo analisa o grau de utilização simultânea das modalidades, classificando o sistema em dois níveis principais: sequencial (*sequential*), quando as modalidades têm de ser utilizadas uma a seguir à outra, e paralelo (*parallel*), quando as modalidades podem ser utilizadas em simultâneo.

Por sua vez, o segundo eixo analisa o modo como as modalidades são utilizadas na produção de cada comando introduzido no sistema ou de cada resultado apresentado pelo mesmo, classificando o sistema também em dois níveis principais: independente (*independent*), quando dependem apenas de uma modalidade; e combinado (*combined*), quando dependem de mais do que uma modalidade.

Sugerindo que estes dois eixos de classificação sejam utilizados de modo articulado, Gourdol *et al* (Idem) propõem, no seu *design space*, a adopção de quatro classificações paradigmáticas para sistemas de interacção multimodal (Fig. 36): sistema exclusivo (*exclusive*), quando os dados expressos pelas várias modalidades são interpretados de modo independente e as modalidades são necessariamente utilizadas em sequência; sistema alternado (*alternate*), quando os dados expressos pelas várias modalidades são combinados e as modalidades são necessariamente utilizadas em sequência; sistema co-ocorrente (*concurrent*), quan-

do os dados expressos pelas várias modalidades são interpretados de modo independente e as modalidades podem ser utilizadas em simultâneo; e, por fim, sistema sinérgico (*synergic*), quando os dados expressos pelas várias modalidades são combinados e as modalidades podem ser utilizadas em simultâneo.

Figura 36. Espaço de classificação de sistemas de interacção (Gourdol *et al*, 1992)



Verifica-se, com esta proposta de análise de sistemas de interacção multimodal, que a classificação global de cada um dependerá da apreciação integrada realizada com base nas várias classificações atribuídas modularmente em cada dimensão de análise.

Deste modo, reconhecendo que nenhum sistema interactivo possibilitará sempre o mesmo modo de interacção ao longo do seu desenvolvimento, Gourdol *et al* (1992) defendem que este deverá ser posicionado no espaço de classificação, de tal modo que revele a sua maior ou menor proximidade a cada um dos quatro pontos principais de classificação. Por exemplo, o espaço de classificação identificado, na representação do seu espaço de classificação, com um asterisco corresponde a um sistema de interacção hipotético predominantemente sinérgico.

Por sua vez, Nigay e Coutaz (1993) apresentam uma classificação de sistemas interactivos

multifunções homem-computador (Fig. 37), sustentada no ponto de vista da engenharia de *software*, com a preocupação simultânea nos atributos de *input* e de *output* de um interface. Pretendem que o seu *design space* seja utilizado na identificação das implicações e constrangimentos de um *software* no processo de desenvolvimento de um sistema interactivo.

O sistema de classificação proposto é definido em função das seguintes três dimensões de classificação: Níveis de Abstracção; Utilização de modalidades; e Fusão.

Figura 37. *Design space* para sistemas multimodais (Nigay e Coutaz, 1993)

		UTILIZAÇÃO DE MODALIDADES	
		Sequencial	Paralela
FUSÃO	Combinada	Alternada	Sinérgica
	Independente	* Exclusiva	Co-ocorrente
		com significado sem significado	com significado sem significado
		NÍVEIS DE ABSTRACÇÃO	

Quanto à primeira dimensão apresentada, Nigay e Coutaz (1993) consideram que os dados recebidos de um determinado mecanismo podem ser processados em múltiplos níveis de abstracção. Por exemplo, defendem que um discurso oral pode ser captado e gravado como um sinal, descrito como uma sequência de fonemas ou interpretado como uma frase com significado e analisada do ponto de vista gramatical. Cada uma destas representações possíveis da voz de um utilizador corresponderá a um nível de abstracção particular, sendo a classificação desse nível de abstracção efectuada em níveis crescentes de significado.

Nos três níveis de abstracção possíveis, apresentados para o exemplo do discurso oral, teríamos a mera captação e gravação do discurso oral como um sinal, no nível de abstracção mais baixo — sem significado (não ocorre qualquer grau de interpretação dos dados recebidos); e teríamos a sua interpretação como uma frase com significado e analisada do ponto de

vista gramatical no nível de abstracção mais elevado — maior significado comparativo.

A "Utilização de Modalidades" expressa, segundo Nigay e Coutaz (1993), a disponibilidade temporal de múltiplas modalidades, dando relevo à ausência ou à presença de paralelismo no interface. Assim, os sistemas podem ser classificados em "sistemas de utilização Paralela" (permitem a utilização de múltiplas modalidades em simultâneo) ou em "sistemas de utilização Sequencial" (forçam o utilizador a utilizar uma modalidade de cada vez).

Por fim, a terceira dimensão pode dar origem à classificação em "sistemas Combinados" (quando ocorre Fusão de diferentes tipos de dados com origem em diferentes modalidades) ou em "sistemas Independentes" (quando a informação com origem em cada uma das modalidades possui carácter autónomo).

A aplicação das dimensões ortogonais de classificação "Fusão" e "Utilização de Modalidades" a sistemas interactivos multifuncionais permite a obtenção de quatro proto-classes distintas: sistemas de utilização Alternada (*Alternate use*), que oferecem várias modalidades, podendo estas apenas ser utilizadas de modo sequencial e cujos sinais serão fundidos para processamento da informação que ambos constroem; sistemas de utilização Sinérgica (*Synergistic use*), que oferecem múltiplas modalidades, podendo estas ser utilizadas em simultâneo e cujos sinais serão fundidos para processamento da informação que ambos constroem; sistemas de utilização Exclusiva (*Exclusive use*), que oferecem múltiplas modalidades, podendo estas apenas ser utilizadas de modo sequencial e cujos sinais serão processados autonomamente, dando origem a distintas informações construídas autonomamente; e sistemas de utilização Co-ocorrente (*Concurrent use*), que oferecem múltiplas modalidades, podendo estas ser utilizadas em simultâneo, mas cujos sinais serão processados independentemente e darão origem a distintas informações construídas autonomamente.

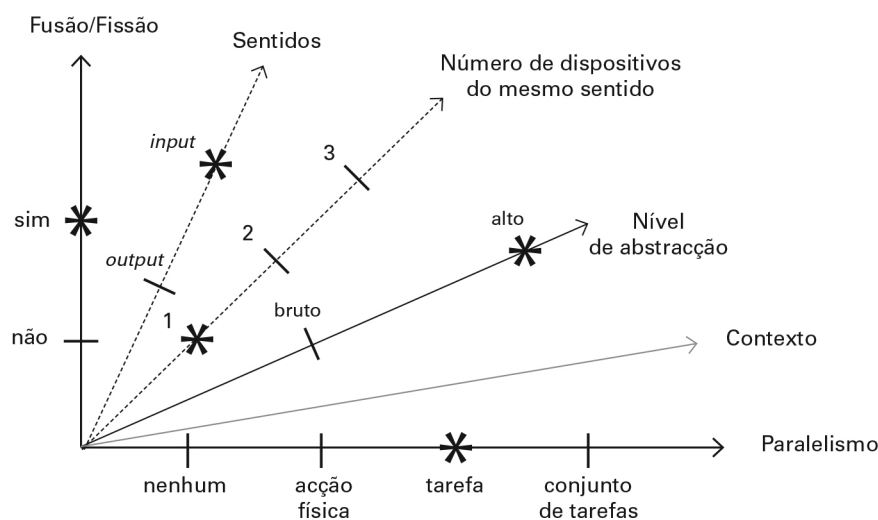
Cada uma destas proto-classes pode adoptar (por simplificação da dimensão "níveis de Abstracção" em apenas duas possibilidades antagónicas) duas hipóteses — "sem Significado" e "com Significado" — obtendo-se assim as oito classes da taxonomia de Nigay e Coutaz (Idem). O espaço de classificação apresentado graficamente identifica, com um asterisco, a classificação de um sistema de interacção hipotético. Trata-se de um sistema de interacção que se deve classificar como promovendo interacção de carácter exclusivo (fusão independente e utilização de modalidades sequencial) com significado.

Nigay (1994) apresenta o Modelo Multi-Sensorial-Motor (Fig. 38), propondo um espaço de referência que caracterize um sistema nos termos que consideram úteis ao responsável pela sua concepção, com implicações directas nas soluções de *software* a adoptar tanto ao nível do plano de arquitectura, como no desenvolvimento de mecanismos de aquisição e emissão dedicados. Com este modelo, propõe-se contribuir para o ultrapassar os constrangimentos sectoriais que consideram existir nos vários *design spaces*.

As dimensões de classificação "Sentidos" e "Número de dispositivos do mesmo sentido" abordam a problemática dos dispositivos de aquisição e emissão de dados.

Por sua vez, as demais dimensões de classificação visam a caracterização do grau de sofisticação computacional associado às funções de aquisição e restituição do sistema: "Nível de abstracção", "Contexto", "Fusão e fissão" e "Granularidade do paralelismo".

Figura 38. Referencial Multi-Sensorial-Motor (Nigay, 1994)



Ao nível da dimensão "Sentidos" assinalam que os dispositivos dos sistema podem possuir capacidades apenas ao nível de *input* ou de *output* ou, em alternativa, poderão possuir competências híbridas.

Por outro lado, a dimensão "Nível de abstracção" exprime o grau de transformação sofri-

do pelos dados adquiridos ou emitidos pelos referidos dispositivos, abrangendo ainda o âmbito das representações que o sistema gere desde a análise aos dados brutos (os sinais) às suas representações simbólicas (o sentido que lhes é atribuído).

Por sua vez, o "Contexto" compreende um conjunto de variáveis de estado, utilizadas pelos processos internos do sistema, com vista ao controlo da aquisição ou da emissão. Trata-se de uma dimensão de classificação que depende especificamente de cada sistema, pelo que Nigay (1994) não as desenvolve.

A "Fusão" corresponde à integração de unidades de informação com vista à formação de novas unidades de informação e a "Fissão" corresponde ao processo desintegrador inverso.

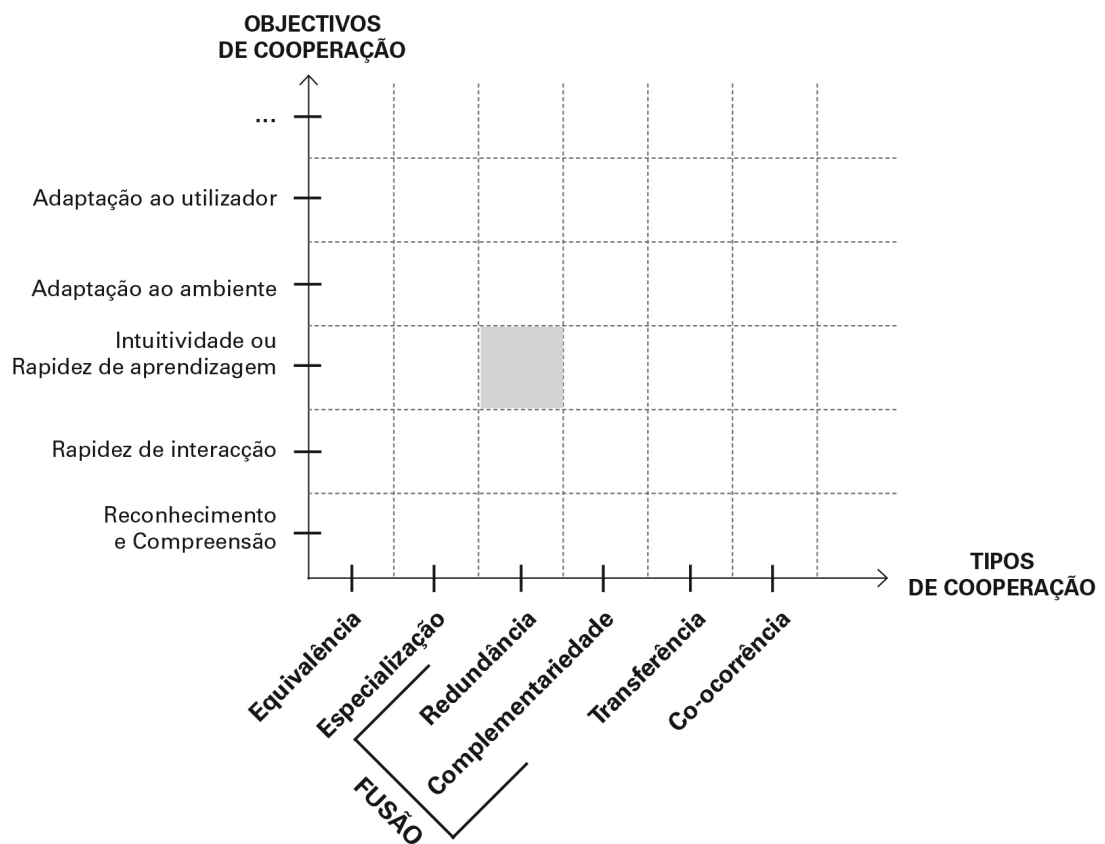
Por fim, o "Paralelismo" é analisado apenas do ponto de vista perceptual ao nível do interface. Deste modo, pode revelar-se (ou não) através de uma acção física ao nível do *output* de dados (com necessária fissão multimodal) ou do *input* de dados (com necessária fusão de dados) em resultado da acção simultânea do utilizador/sistema sobre vários dispositivos de *input/output*. Por outro lado, uma tarefa elementar corresponderá a uma tarefa que, executada através de um único comando, age paralelamente sobre vários elementos (e.g. apaga todos os ficheiros do ambiente de trabalho através de um único comando oral), enquanto que um conjunto de tarefas envolverá um grupo de comandos que, agregados, promovem a execução de um serviço global (e.g. o conjunto de comandos associados à limpeza da casa por um robô doméstico).

O espaço de classificação apresentado graficamente identifica, a título exemplificativo através de um conjunto de asteriscos, a classificação de um sistema de interacção hipotético. Trata-se de um sistema de interacção caracterizado pelo recurso a mais do que um dispositivo de aquisição, de carácter sensorial não partilhado, com vista à execução de uma única tarefa efectuada por um comando simples, em que os sinais adquiridos sofrem uma transformação de alto nível de abstracção com vista à produção de um significado. Tratando-se de um exemplo hipotético, a análise ao contexto (de âmbito técnico) encontra-se omitida.

Também Martin (1997) propõe um *design space* para o estudo e design de interfaces multimodais, sustentando-se no entendimento de que a multimodalidade deve apenas ser adoptada quando ajuda a alcançar um determinado critério de usabilidade ou um determinado requisito específico. Este *design space* (Fig. 39) baseia-se em dois eixos de análise: tipo de coo-

peração desenvolvida pelas modalidades utilizadas; e objectivos de cooperação na utilização das modalidades.

Figura 39. *Design Framework* (Martin, 1997)



O espaço de classificação apresentado graficamente identifica, com um rectângulo sombreado, a classificação de um sistema de interacção hipotético. Trata-se de um exemplo em que se verifica a utilização simultânea de duas ou mais modalidades de interacção com vista à promoção de uma mais rápida curva de aprendizagem na utilização de um determinado interface, por parte de AHs.

Martin (1997) apresenta a equivalência como uma classe de cooperação em que qualquer uma das modalidades em uso pode processar um determinado conjunto de dados, mas em

que apenas uma delas o faz, ficando a(s) outra(s) inactiva, enquanto que na especialização existe um determinado conjunto de dados que só pode ser processado por uma modalidade específica em utilização. Não existe fusão de dados ou significados na equivalência ou na especialização, nem verdadeira multimodalidade, sendo utilizada apenas uma modalidade nestes contextos.

Na redundância, várias modalidades em uso processam simultaneamente o mesmo conjunto de dados, sendo posteriormente conjugados de modo a eliminar potenciais erros, imprecisões ou ambiguidade, enquanto que na complementaridade partes específicas de um determinado conjunto de dados são processadas por modalidades distintas, sendo posteriormente conjugadas para atribuição de um significado comum. Tratam-se de dois casos de verdadeira fusão/multimodalidade.

Por fim, na co-ocorrência cada modalidade processa um conjunto de dados específico e atribui-lhes um significado, não sendo estes posteriormente conjugados. Nesta, verifica-se uma produção de significados em paralelo, não havendo fusão/multimodalidade.

Realça-se o carácter inusitado, no contexto de análise, do conceito de transferência, em que uma determinada modalidade adquire e promove o processamento de um conjunto de dados que, posteriormente, originam uma emissão de dados através de uma outra modalidade (e.g. o agente humano carrega na tecla "f" e o símbolo "f" aparece no ecrã, no âmbito de uma aplicação de processamento de texto). De facto, o conceito de transferência não releva para uma multimodalidade (associação de MIs no mesmo PI) mas sim para uma comparação entre a(s) MI(s) de um PII e a(s) MI(s) do consequente PIR, pelo que a sua integração neste âmbito é desadequada.

Por último, salienta-se ainda a proposta de Hyde (1998) para uma classificação das MIs sustentada em três dimensões: o canal sensorial utilizado; a sua natureza temporal; e forma da informação.

A classificação de uma MI em termos do canal sensorial utilizado assenta na identificação do sentido humano, sendo considerados os três sentidos que Hyde (1998) descreve como sendo os mais utilizados na percepção e comunicação de informação: modalidade visual, modalidade auditiva e modalidade háptica.

Por sua vez, a classificação das MIs ao nível da sua natureza temporal considera as se-

guintes possibilidades: modalidade discreta, quando esta não muda na sua ocorrência e esta é breve; modalidade contínua, quando esta se vê repetida exactamente do mesmo modo mais do que uma vez; ou modalidade dinâmica, quando esta sofre alteração de conteúdo durante a sua ocorrência e esta pode demorar algum tempo.

Por fim, a classificação em termos da forma de informação refere-se ao modo como a informação é apresentada: lexical, quando é apresentada através de texto; concreta, quando o é através da reprodução de uma característica real; ou simbólica, quando o é através da representação de algo que não ela mesma.

Este sistema de classificação tridimensional cria um espaço de classificação/espaço de interacção reticulado que abarca um total de vinte e sete combinações. Trata-se da definição técnica de uma MI como instância de informação que se encontra temporalmente constricta e é percebida por um determinado canal sensorial.

1.2. Contextos de aplicação

A década de 90 (século XX) foi fértil na apresentação de *design spaces* constituindo-se estes como a resposta possível a uma acelerada evolução tecnológica e à efectiva ausência de taxonomias e sistemas de classificação avançados.

Esta realidade promoveu, não só industrialmente mas também academicamente, o desenvolvimento de um esforço de compensação exploratório que se consolidou em enquadramentos teóricos frágeis que, apesar de tudo, potenciaram o desenvolvimento de soluções de interacção relativamente inovadoras.

As taxonomias e os *design spaces*, enquanto sistemas de classificação, visam objectivos conceptualmente próximos mas distintos. A análise sumária realizada às propostas de *design spaces* referenciadas na literatura da especialidade permite concluir que se tratam de ferramentas de carácter predominantemente operativo, não possuindo a sofisticação analítica que uma taxonomia avançada providencia.

Encontram, deste modo, um lugar privilegiado no âmbito da engenharia de desenvolvi-

mento de *hardware* e *software* e concepção de interfaces, revelando um afastamento analítico de uma classificação aprofundada e mais teórica de sistemas de HCI.

Este fraco enquadramento vê-se, por vezes, atenuado através do esforço (nem sempre assumido) de se conceber uma ferramenta híbrida que agregue algum do carácter granular fino de uma taxonomia e a natureza sintética de um verdadeiro *design space*. Este carácter híbrido é encontrado, por exemplo, nos *design spaces* propostos por Nigay e Coutaz (1996) e por Hyde (1998). Salienta-se, no entanto, que o carácter híbrido promove a aproximação entre o conhecimento académico puro e a engenharia industrial, com benefícios ao nível da *praxis*. Deste modo, defende-se que não deve ser encarado como uma imperfeição mas sim como uma mais valia que deve ser considerada.

Realce-se, ainda, que as propostas de *design spaces* analisadas surgem invariavelmente associadas à necessidade dos autores em enquadrar teoricamente o desenvolvimento de interfaces. De facto, são em geral concebidas no âmbito preliminar do desenvolvimento de provas de conceito, permitindo aos autores colmatar um constrangimento muito concreto: a ausência de uma ferramenta analítica de carácter taxionómico que suporte o desenvolvimento de soluções de interacção.

Deste modo, compreende-se que a opção pelo desenvolvimento de um sistema de classificação circunscrito e menos robusto se justifica pelo foco específico dos estudos em que *design spaces* encontram a sua génese: o desenvolvimento de interfaces e não o desenvolvimento de sistemas de classificação.

Não pretendendo, no âmbito desta investigação, a apresentação de um *design space* global, salienta-se que alguns dos sistemas de classificação propostos ao longo do presente estudo possuem, individualmente, uma relativa proximidade com uma tal ferramenta de análise.

De facto, a apresentação de sistemas de classificação em que se agrega a classificação de duas ou mais dimensões de classificação permite perspectivar *design spaces* circunstanciados. Tratar-se-iam, de facto, de *design spaces* analiticamente delimitados a dimensões de classificação de proximidade conceptual relevante.

Por outro lado, a combinação de dois ou mais dos sistemas de classificação propostos poderia, se assim se desejasse, a consolidação de um ou mais *design spaces* que realmente abarcassem a HCI de modo relevante. Nesse âmbito, justificar-se-ia uma redução da granularidade

mais fina desenvolvida, procedendo-se apenas a uma agregação multidimensional das classes superiores, características de cada sistema de classificação proposto.

Ter-se-ia, assim, um *design space* que, pela sua natureza, se pretendia delimitado a um conjunto restrito de dimensões de classificação e a uma atomização reduzida.

Não é esse, no entanto, o propósito da investigação apresentada. O carácter granular expandido das várias propostas de sistemas de classificação configuram, no seu conjunto, a base para a construção de uma taxonomia pura de carácter multidimensional, permitindo análises mais completas e descrevendo de modo mais abrangente a HCI.

SÍNTESE CONCLUSIVA

Os *design spaces* constituíram-se como a resposta possível a uma acelerada evolução tecnológica e à efectiva ausência de taxonomias e sistemas de classificação avançados. Esta realidade promoveu o desenvolvimento de um esforço de compensação exploratório que se consolidou em enquadramentos teóricos que, apesar de débeis, potenciaram a concepção de soluções de interacção relativamente inovadoras.

As taxonomias e os *design spaces*, enquanto sistemas de classificação, visam objectivos conceptualmente próximos mas operativamente distintos. De facto, os *design spaces* constituem-se como ferramentas de carácter predominantemente operativo, não possuindo a sofisticação analítica de uma taxonomia. Encontram, deste modo, um lugar de aplicação privilegiado no âmbito da engenharia de desenvolvimento de *hardware* e *software* e concepção de interfaces. O seu carácter operativo promove a aproximação entre a academia e a indústria, devendo ser valorizado o papel que desempenham na transferência e aplicação de conhecimento.

As dimensões de classificação a partir das quais se concebem *design spaces* encontram frequentemente consolidação teórica, apesar de se limitarem a análises estritamente dicotómicas, cristalizadas sem desenvolvimento fino.

Por sua vez, uma taxonomia possui o potencial de promover a amplificação de uma área de conhecimento, através de um extenso desenvolvimento. Constitui, deste modo, uma ferramenta de reflexão teórica que, invariavelmente, prepara o caminho para a novidade através do seu posicionamento na base da concepção de *design spaces mainstream*.

Ressalve-se, por fim, que os *design spaces* possuem também o potencial de promover o desenvolvimento de taxonomias mais abrangentes. De facto, sendo por vezes construídas no âmbito da engenharia de desenvolvimento de *hardware* e *software* e concepção de interfaces, permitem a apresentação de propostas de dimensões de análise de ordem técnica que poderiam passar despercebidas à academia.

Verifica-se, deste modo, a promoção de uma interacção academia/indústria, com resultados que se consideram positivos ao nível da interacção taxonomias/*design spaces*, constituindo um dos mais interessantes veículos da *praxis* que se podem encontrar no universo da HCI.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

1. PARTE TEÓRICA

Os sistemas informáticos emergem como ferramentas que procuram simplificar a acção humana e, por essa razão, a ambição de HCIs fáceis, rápidas e eficientes é transversal à história da concepção e do desenvolvimento de interfaces.

Este desejo encontrou, no entanto, dois constrangimentos que dificultaram a sua concretização. Um deles, de carácter técnico e pragmático, está associado ao lento e progressivo avanço da tecnologia necessária à sua implementação. O outro, mais orgânico, resulta do processo de compreensão, também lento e progressivo, do modo como funciona a cognição e mais especificamente como os vários sentidos se conjugam para criar a percepção humana.

Se por um lado, na elaboração dos interfaces homem-computador, o desenvolvimento da tecnologia necessária é um objectivo ao alcance dos profissionais envolvidos, por outro, a aquisição de conhecimento pertinente no âmbito das ciências sociais e humanas e da saúde (e.g. da neurologia) encontrou-se durante muito tempo arredada do seu campo de acção.

Após a consolidação de interfaces gráficos de utilizador, a emergência da investigação em interfaces multimodais (no início da década de 80 do século XX) assumiu-se como uma evolução de relevo ao nível da HCI. Em conjunto, estas tecnologias refletem o entendimento de que o objectivo estipulado para os sistemas informáticos — facilitar a acção humana — é mais eficazmente prosseguido se as necessidades e preferências funcionais dos sistemas perceptivos humanos forem correspondidas, nomeadamente ao nível das modalidades de interacção associadas.

A evolução do paradigma sócio-cultural, expressa numa crescente apetência pela posse e fruição de tecnologia inovadora, também contribuiu para um enquadramento e integração dos sistemas informáticos no quotidiano e nas tarefas triviais do homem, promovendo a sua ubiquidade.

O entendimento de que a multimodalidade na HCI promove uma maior naturalidade, acessibilidade, flexibilidade, usabilidade, bem como a quantidade de dados transmitidos e a fiabilidade no reconhecimento dos mesmos, são proposições comuns (tanto da academia como da indústria). Estas proposições encontram-se ancoradas no reconhecimento do carácter multimodal dos processos de percepção sensorial e na convicção de que, através de interfaces que repliquem os modos de acção em contexto homem-homem ou homem-ambiente, se optimizará a utilização dos sistemas informáticos. No entanto, a investigação nem sempre sustenta a defesa de que soluções multimodais asseguram, só por si, o desenvolvimento de interacções mais naturais e eficazes, tendo-se verificando por vezes o oposto. Assim, a sua adopção deve ser ponderada e validada em cada contexto.

Realça-se ainda o carácter multidimensional da percepção humana que, frequentemente, é investigada de modo unidimensional dentro de modalidades individuais. A generalização do princípio de que os nossos sistemas perceptivos actuam maioritariamente sobre informação proveniente de uma única dimensão de uma modalidade, num determinado momento, apenas encontra correspondência em circunstâncias muito específicas.

Estas questões, associadas à índole fortemente fragmentada e interdisciplinar da área de investigação da HCI e da sua multimodalidade, têm-se constituído como o principal pretexto para a débil representação do seu objecto teórico e do seu corpo de conhecimento. De facto, verifica-se uma profusão de estudos de caso e de provas de conceito de carácter empírico e particularizante que impossibilitam a generalização dos seus resultados.

Por outro lado, o desenvolvimento de um quadro teórico sólido e consolidado carece, para além de um modelo de análise, de um sistema de notação e classificação robusto. Os sistemas de classificação possuem um carácter dinâmico, progredindo ao longo do tempo com a evolução do conhecimento. Exemplos clássicos, como a taxonomia biológica de Carl Linnaeus ou a Tabela Periódica dos Elementos de Dmitri Mendeléeff, recordam-nos deste facto.

A natureza activa da área de investigação e aplicação em HCI tem promovido o desenvolvimento de sistemas de classificação descritivos estruturalmente subjugados a contextos conhecidos de implementação, reduzindo o potencial de diversidade que uma análise teórica justifica em termos taxonómicos e tipológicos. A taxonomia é o ramo da sistemática que tem por objectivo a descrição, a classificação e a nomeação de seres, entidades ou fenómenos. Trata-se de uma ferramenta de análise que pode promover a adequada compreensão da diversidade da HCI. Proceda à identificação das características e à sua integração e ordenação em grupos de similitude, através da análise das relações existentes.

Estando a área de investigação e aplicação da HCI em constante desenvolvimento, uma taxonomia robusta deve agregar o carácter teórico e exploratório de uma tipologia, no sentido de promover o desenvolvimento de interfaces de usabilidade e acessibilidade superior e até mesmo soluções imprevisíveis e potencialmente revolucionárias.

Como campo de análise e aplicação em constante desenvolvimento, seria irrealista a pretensão de que a acção descritiva de relações e entidades reconhecidas (característica de uma taxonomia), por muito atomizada que fosse, permitiria compreender toda a diversidade das HCIs. Verifica-se que o exercício classificativo académico da HCI se tem inibido de desenvolver uma acção especulativa aprofundada de carácter tipológico, optando por simples descrições e caracterizações contemporaneamente constringidas.

De facto, a análise especulativa (característica de uma tipologia) possibilita a concepção e

a caracterização de relações e entidades desconhecidas. Trata-se, assim, de um exercício intelectual, pelo que algumas das classes que a integram poderão demorar muitos anos ou mesmo décadas a ser implementadas, enquanto que outras não perspectivadas poderão sê-lo no imediato. Esta constatação deve permanecer como um desafio contínuo: a premissa de todo um campo de investigação.

Conclui-se, no entanto, que sistemas de classificação com estas características não existem e que a sua concepção é uma premência reconhecida academicamente.

Por outro lado, a classificação dos sistemas de interacção de carácter multimodal deve passar pela selecção de dimensões de classificação relevantes e abrangentes, afastando-se daquelas que, pelo seu carácter contemporâneo e circunscrito, promovam a simples discriminação de classes de soluções técnicas e sensoriais conhecidas.

Por este motivo, optou-se por não se classificar interfaces uma vez que estes apenas apresentem potencialidades de utilização que podem ou não ser desenvolvidas (e.g. ao nível das modalidades disponíveis e das que efectivamente são utilizadas). Justifica-se, assim, que a classificação recaia sobre Interações Homem-Computador, Processos Interactivos, Modalidades de Interação e Dimensões de Informação. O valor da descrição destas entidades (objecto de classificação) reside na sua expressão real e contextualizável.

A multimodalidade é habitualmente associada a um vasto conjunto de funcionalidades acrescidas no desenvolvimento da HCI. Conclui-se, no entanto, que se trata de uma área de investigação assente em modelos de análise contaminados pela:

- subjugação do Agente Informático à acção do Agente Humano que com ele interage;
- ponderação das classes contemporaneamente conhecidas;
- negligência do papel essencial dos sistemas humanos de *input* e de *output* enquanto elementos de um interface homem-computador.

A natureza activa da área de investigação e aplicação em HCI tem promovido o desenvolvimento de sistemas de classificação estruturalmente subjugados a contextos conhecidos de implementação, reduzindo o potencial de diversidade que uma análise teórica e sistemática, independente da indústria, justifica em termos taxonómicos e tipológicos.

2. PARTE EMPÍRICA

2.1. Modelo teórico definido

O modo como a Interação Homem-Computador (HCI) de carácter multimodal se pode constituir, questão que motivou o desenvolvimento desta investigação, sustenta-se na diversidade de Processos Interactivos (PIs), de Modalidades de Interação (MIs) e de Dimensões de Informação (DIs), expressos nas várias propostas de sistemas de classificação apresentados.

Com a presente investigação obteve-se um nível de aprofundamento conceptual que não foi encontrado na literatura da especialidade consultada. Foram desenvolvidas propostas de sistemas de classificação que, na sua configuração actual, integram funcionalidade analítica (classificação de HCIs) e operativa (concepção, planeamento e desenvolvimento de interfaces). No entanto, a sua aspiração abrangente não se esgota nestas propostas obrigando a uma permanente actualização e inevitável ampliação, assim como, a validação empírica e reflexão teórica contínua.

O modelo teórico definido considera que uma HCI ocorre entre um Agente Humano (AH) e um Agente Informático (AI). A equiparação conceptual e funcional entre estes é defendida e enquadra-se no âmbito de um modelo de análise neutro que defende que qualquer um dos referidos agentes pode:

- assumir o papel de agente emissor da HCI (apresentar a solicitação) e de agente receptor da mesma (apresentar a resposta à solicitação);
- definir objectivos para a HCI;
- definir a sequência de procedimentos associados ao desenvolvimento da HCI.

Implica ainda o entendimento de que as ferramentas de análise e descrição da emissão e recepção de informação entre um AH e um AI assentam, independentemente da sua origem e destino, nos mesmos conceitos e terminologia.

A HCI é entendida como um sistema complexo que necessita de ser decomposto nas suas unidades estruturais. De facto, as potencialidades e constrangimentos associados a interfaces unimodais e multimodais exigem a selecção de MIs (isoladas ou combinadas; unidimensionais ou multidimensionais) de acordo com a eficácia de comunicação promovida por cada

uma e a sua adequação a cada contexto.

No modelo teórico definido considera-se que uma HCI é desenvolvida através de um ou mais Pares Conjugados de Processos Interactivos (PCPIs), de modo a assegurar o cumprimento dos seus objectivos de interacção, integrando cada um deles um Processo Interactivo Iniciativo (PII) — associado à emissão e aquisição de uma solicitação — e um Processo Interactivo Resolutivo (PIR) — associado à emissão e aquisição de uma resposta — funcionalmente consequentes entre si.

Cada PI, seja ele PII ou PIR, recorre a uma ou mais MIs com vista à transmissão de informação entre o agente emissor e o agente receptor, sendo cada uma delas alvo de processamento em uma ou mais DIs. Por outro lado, cada PI pode integrar mais do que um Fragmento de Processo Interactivo (FPI), correspondendo estes a sinais que apenas adquirem significado comunicativo, para os agentes envolvidos, através da sua agregação (contexto em que constituem um PI).

Por sua vez, cada MI possui uma ou mais Modalidades de *Output* (MOs) de natureza sensorial comum (ao nível da sua componente de emissão) e um ou mais Canais de *Input* (CIs) de natureza sensorial comum (ao nível da sua componente de aquisição).

Deste modo, a diversidade da HCI reflete a multiplicidade de classes associadas às DIs, às MIs, aos PIs e aos PCPIs que a integram. A decomposição analítica de conceitos contribui para aperfeiçoar a análise do objecto de estudo, ultrapassando-se aquela que se considera ser uma das mais perniciosas lacunas encontrada a nível académico: a confusão e a combinação de conceitos não fundamentada.

O conjunto de dimensões de classificação apresentado resulta de análise aprofundada mas necessariamente sujeita aos constrangimentos associados a uma investigação doutoral. Não sendo possível o estudo de todas as possíveis dimensões de classificação, foram seleccionadas as que se consideraram mais pertinentes:

- relação estabelecida entre PIs;
- número de PCPIs desenvolvidos numa HCI;
- contexto de selecção das MIs de um PI numa HCI;
- número de MIs utilizadas num PI;
- número e natureza sensorial das MIs utilizadas nos PIs de uma HCI;

- contexto de selecção das MIs de um PI;
- número e contexto de selecção das DIs de uma MI;
- estratégias de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI;
- objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI;
- concertação temporal de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI;
- grau de naturalidade de MIs;
- grau de naturalidade de PIs;
- grau de naturalidade de HCIs.

2.2. Unimodalidade e Multimodalidade

Na multimodalidade, reconhece-se que a transmissão de informação entre agentes numa HCI se pode desenvolver através do recurso a mais do que uma MIs e/ou DIs. Este pressuposto sustenta a concepção de sistemas de classificação que originam classes distintas de MIs, PIs e HCIs.

→ **Dimensão de classificação:** número de MIs utilizadas num PI.

Um PI, seja ele PII ou PIR, pode ser classificado como Unimodal (se recorrer a apenas uma MI) ou como Multimodal (se recorrer a duas ou mais MIs). Por sua vez, uma MI pode ser classificada como Unidimensional (se promover o processamento de apenas uma DI) ou como Multidimensional (se promover o processamento de duas ou mais DIs).

→ **Dimensão de classificação:** número de PCPIs desenvolvidos numa HCI.

Por outro lado, uma HCI pode ser classificada como Simplex (se integrar apenas um PCPI, assegurando este a imediata prossecução dos objectivos de interacção) ou como Complexa (se necessitar do desenvolvimento sucessivo de dois ou mais PCPIs de modo a assegurar a prossecução dos objectivos de interacção). Ora, uma HCI, seja Simplex ou Complexa, será classificada como Unimodal (se todos os PIs que integra forem Unimodais), como Multimo-

dal (se todos os PIs que integra forem Multimodais) ou como tendo Variedade Modal (se integrar PIs Unimodais e PIs Multimodais).

→ **Dimensão de classificação:** número e natureza sensorial das MIs utilizadas nos PIs de uma HCI.

Enquanto que uma HCI Simples com Variedade Modal apenas possibilita a sua classificação fina em Unimodal/Multimodal ou em Multimodal/Unimodal, identificando-se o PI Unimodal e o PI Multimodal ao nível do seu PII e do seu PIR, o carácter múltiplice de uma HCI Complexa com Variedade Modal justifica a classificação do modo como se revela uma inconstância modal. Deste modo, pode ser classificada com Enquadramento (se a variabilidade modal puder ser descrita através de um qualquer algoritmo) ou sem Enquadramento (se a variabilidade modal não puder ser descrita através de um qualquer algoritmo).

No que respeita a uma HCI Complexa com Variedade Modal com Enquadramento, esta pode ter o enquadramento classificado em Posicionado (se o algoritmo que descreve a sua variabilidade modal se expressar através de uma constância ao nível das classes de PIs, nomeadamente entre os vários PIs e/ou entre os vários PIRs) ou em Conjugado (se o algoritmo que descreve a sua variabilidade modal se expressar através de uma constância entre conjuntos de PCPIs).

A classificação de uma HCI Complexa com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado ou Conjugado pode ainda ser desenvolvida através da sua caracterização em Total (se o algoritmo que descreve a sua variabilidade modal se aplica a PIs e a PIRs) ou Parcial (se esse algoritmo apenas se aplica a PIs ou a PIRs). Se se classificar de Parcial, pode ainda caracterizar-se em o referido Enquadramento Posicionado ou Conjugado em Iniciativo (se o algoritmo apenas se aplica aos PIs) ou Resolutivo (se o algoritmo apenas se aplica aos PIRs).

A classificação de uma HCI Complexa (seja ela Unimodal, Multimodal ou com Variedade Modal) é ainda classificável de acordo com a constância ou inconstância verificada ao nível das MIs utilizadas no seu desenvolvimento. Deste modo, classifica-se em Perfeita (se não se verificar variabilidade nas MIs utilizadas) ou Imperfeita (se as MIs utilizadas não forem sempre as mesmas). Justifica-se, de seguida, caracterizar a extensão da imperfeição em Total (se ocorre tanto ao nível de PIs como de PIRs) ou Parcial (se ocorre apenas numa das classes

de PIs), situação esta em que se identifica o seu posicionamento em Iniciativo ou Resolutivo.

Por fim, uma HCI Complexa Imperfeita é ainda classificada no âmbito da variabilidade de MIs registada, podendo a imperfeição ser Sensorial (se o número de MIs utilizadas for sempre o mesmo mas a sua natureza sensorial variar), Numérica (se o número de MIs utilizadas variar mas a sua natureza sensorial se conservar em relação a uma base de MIs reproduzível) ou Sensorial e Numérica (se o número de MIs utilizadas variar, assim como a sua natureza sensorial).

2.3. Relação entre PIs

→ **Dimensão de classificação:** relação estabelecida entre PIs.

O modelo teórico apresentado considera a existência de dois tipos-base de PIs, de acordo com o seu objectivo específico. Deste modo, um PII desenvolve-se no sentido de apresentar uma solicitação e um PIR no sentido de responder a uma solicitação. Os seus procedimentos de implementação são em tudo equivalentes — um agente emite um conteúdo informativo através de uma ou mais MOs e o outro agente adquire-o através de um ou mais CIs — distinguindo-se apenas na natureza funcional do conteúdo informativo transmitido.

Compreende ainda a possibilidade do desenvolvimento de um único PCPI (apenas um PII e um PIR) ser suficiente para assegurar a prossecução dos objectivos de interacção (uma HCI Simples) ou de ser necessário o desenvolvimento de dois ou mais PCPIs (uma HCI Complexa) para que estes sejam cumpridos.

No âmbito de uma HCI Complexa, justifica-se a distinção funcional entre os vários PIs que a integram, assim como entre os seus PIRs. De facto, um PII pode ser o primeiro a ser desenvolvido, sendo designado por PII Inaugural, e integrar o seu primeiro PCPI ao dar início à HCI; por outro lado, pode possuir um carácter intermédio, sendo designado por PII de Continuidade, e integrar um PCPI que não o primeiro. Do mesmo modo, um PIR pode ser o último a ser desenvolvido, sendo designado por PIR Concludente, dando por terminada a HCI e integrando o seu último PCPI; por outro lado, pode possuir um carácter intermédio,

sendo designado por PIR de Continuidade, e integrar um PCPI que não o último. Trata-se de uma distinção que não tem lugar no âmbito de uma HCI Simples, face ao carácter singular de cada classe funcional de PI e ao imediato cumprimento dos objectivos de interacção após o desenvolvimento de um único PCPI.

Atente-se que uma HCI Complexa apenas integrará um PII Inaugural e um PIR Concludente, podendo integrar um ou mais PII e PIR de Continuidade. O carácter individualizável de um PII Inaugural reside no seu papel iniciador da HCI e o de um PIR Concludente no facto de, através dele, os objectivos de uma HCI Complexa serem assegurados.

A natureza estratificada de uma HCI Complexa obriga ao desenvolvimento de todos os seus PCPIs (i.e., de todos os PIIs e PIRs que os integram) onde cada um deles cumpre funções internas (objectivos parcelares).

De seguida, perspectiva-se a possibilidade de uma segunda HCI se desenvolver, entre os mesmos agentes (AH e AI), a pretexto do desenvolvimento de uma primeira que se encontrava em curso ou em conclusão. Este entendimento implica as possibilidades de desenvolvimento de uma segunda HCI que integre um ou mais PIs (PIIs e/ou PIRs) que:

- não estabelecem qualquer tipo de relação tipificável com os PIs da primeira HCI;
- estabelecem relações tipificáveis com os PIs da primeira HCI, nomeadamente fundindo-se com estes.

Realce-se que o facto de cada HCI, por definição, desenvolver objectivos próprios de interacção não impossibilita que os PIs de uma se relacionem com os PIs da outro.

Se, por um lado, o contexto de desenvolvimento de duas HCIs autónomas que não partilhem PIs entre si não justifica a concepção de um sistema de classificação específico, o desenvolvimento de PIs comuns a duas HCIs distintas é motivo de interesse analítico. Assim, um PI partilhado entre duas HCIs distintas é classificado de PIR de Iniciação da primeira e de PII de Resolução da segunda. Trata-se do PIR que, no âmbito de uma primeira HCI, desencadeia uma segunda (onde se assume como PII).

2.4. Definição da estrutura de desenvolvimento de uma HCI Complexa

→ **Dimensão de classificação:** contexto de selecção das MIs de um PI numa HCI.

O facto de uma HCI Complexa necessitar de mais do que um PCPI para assegurar o cumprimento dos seus objectivos, obriga a que o seu desenvolvimento se encontre estruturado de modo a que estes sejam prosseguidos.

Este plano de desenvolvimento, que integra a especificação das MIs utilizadas e das DIs processadas no âmbito de cada PI, pode encontrar-se definido antes do início da HCI, classificando-se esta de Direccionada, ou através de um processo exploratório em que, durante o decurso da mesma, se decide quais as características do PI (ou do PCPI) que será desenvolvido em sequência, classificando-se esta de Construída.

Por fim, justifica-se a identificação do responsável pela concepção do plano de desenvolvimento da HCI, seja ela Direccionada ou Construída. O modelo teórico considera a possibilidade do plano de desenvolvimento poder ser definido pelo agente emissor dos PIIs, designando-se a HCI por Primária, pelo seu receptor, por Secundária ou ainda por ambos, designando-se nesse caso, por Partilhada.

Recorde-se que os objectivos de interacção podem ser definidos pelo agente emissor e/ou pelo agente receptor dos PIIs. É de salientar, no entanto, que a definição dos objectivos de interacção e a definição do plano de desenvolvimento constituem contextos de acção independentes, não existindo qualquer impedimento a que diferentes agentes intervenham em cada um deles.

2.5. Contexto de selecção das MIs e/ou DIs utilizadas

→ **Dimensão de classificação:** contexto de selecção das MIs de um PI.

De certo modo relacionada com as classes de HCI Direccionada e de HCI Construída, justifica-se a análise do modo como uma MI é seleccionada no decurso do desenvolvimento de um PI. Partindo-se das classes anteriormente definidas, de PI Unimodal e de PI Multimodal, considera-se a possibilidade:

- da(s) MI(s) utilizada(s) ser(em) a(s) única(s) susceptível(eis) de o ser, classificando-se o PI de Especializado;
- da(s) MI(s) utilizada(s) ser(em) seleccionável(eis) de entre um conjunto de MIs susceptível(eis) de o ser, classificando-se o PI de Adaptável;
- ou, no caso de PIs Multimodais, de pelo menos uma das MIs utilizadas possuir carácter especializado e pelo menos uma das outras MIs utilizadas possuir carácter adaptável, classificando-se o PI de Diferencial.

Neste âmbito de classificação, considera-se ainda pertinente identificar o autor da selecção de MIs perspectivando-se a possibilidade:

- deste ser o emissor do PI em curso, classificando-se de Primário;
- deste ser o seu receptor, classificando-se de Secundário;
- ou da selecção de MIs ser desenvolvida conjuntamente pelo emissor e pelo receptor, classificando-se de Partilhado.

Por fim, apresenta-se a classificação fina dos referidos PIs ao nível do contexto de definição do autor da selecção de MIs, quando existente. Este contexto implica a consideração de uma classe de Imposição (em que o autor da selecção de MIs se encontra definido ao nível da programação), de uma classe de Competição (em que o autor da selecção de MIs é definido em resultado de competição entre os dois agentes) e de uma classe de Colaboração (em que o autor da selecção de MIs é definido colaborativamente entre os dois agentes).

→ **Dimensão de classificação:** número e contexto de selecção das DIs de uma MI.

No seguimento da análise ao contexto de selecção das MIs utilizadas num PI, impõe-se uma análise análoga ao contexto de selecção das DIs processadas no âmbito de uma MI. De facto, existe um óbvio paralelismo entre estes contextos, pelo que uma classificação de classes de MIs exactamente equivalente é obtida através do recurso à classificação de classes de PIs ora apresentada.

2.6. Associação de dados multimodais e/ou multidimensionais

No âmbito da presente tese, delimitam-se três dimensões de classificação consideradas relevantes para a compreensão da diversidade dos contextos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais. Estas três dimensões têm como objecto de classificação os PIs, uma vez que é no seu contexto que ocorre a associação de dados (e não no âmbito das DIs, das MIs ou das HCIs).

→ **Dimensão de classificação:** estratégias de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI.

Aborda-se o entendimento de que os dados a processar, provenientes de diferentes MIs e/ou DIs, podem ser combinados em diferentes níveis funcionais. Adopta-se aqui um modelo teórico de sequência funcional de eventos associados ao processamento de dados que integra sequencialmente os níveis de Aquisição de Dados, de Reconhecimento de Dados e de Decisão de Significados, assim como um quarto evento de posicionamento variável em função das opções de engenharia: a Associação.

Deste modo, considera-se a possibilidade da associação de dados multimodais e/ou multidimensionais ocorrer:

- após o nível de aquisição, através da fusão de sinais;
- após o nível de reconhecimento, através da fusão de dados;
- durante o nível de decisão, através da fusão de significados;
- parcelarmente em dois ou três dos níveis possíveis, através de fusão híbrida.

Realce-se que o processamento de dados no contexto de um qualquer PI Unimodal integra também os referidos níveis sequenciais de aquisição de dados, reconhecimento de dados e decisão de significados, distinguindo-se de um PI Multimodal pelo facto de não integrar o evento de associação. Deste modo, o contexto em que um agente emite dados para o outro através de duas ou mais MIs e/ou DIs e em que estes não são associados (apesar de processados) pelo último corresponde ao desenvolvimento de dois ou mais PIs Unimodais Unidimensionais.

Por fim, caracteriza-se a possibilidade da associação ao nível de sinais, dados e significados poderem ser Puras (quando exclusivas) ou Impuras (quando uma parte pouco relevante dos sinais adquiridos for associada num nível diferente), assim como as várias possibilidades de fusão híbrida.

→ **Dimensão de classificação:** objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI.

Neste contexto, entende-se que a associação de dados desenvolve objectivos específicos. Desse modo, é essencial distinguir um PI Multimodal (seja ele unidimensional ou multidimensional) ou um PI Unimodal Multidimensional em que os dados sofrem efectiva associação, classificando-se este de PI de Fusão, de um contexto em que os dados conservam o seu carácter individual através da produção de significados individuais que nunca sofrem associação, classificando-se este de PI de Pseudo-Fusão.

A ocorrência de um PI de Fusão pode ser classificada em Cooperante (cada uma das MIs e/ou DIs adquire parte do conjunto de dados a processar com vista à produção de um sentido global conjugado, não sendo possível atribuir significados individuais autónomos), em Complementar (o conjunto de dados adquiridos através de pelo menos uma das MIs e/ou DIs é utilizado de modo a complementar o conteúdo informativo — que existe por si mesmo e com significado próprio construído — adquirido através de uma outra MI e/ou DI, dando origem à formação de um significado conjugado que será em maior ou menor grau distinto do significado construído pela última), e em Redundante (cada uma das MIs e/ou DIs adquire a totalidade do conjunto de dados a processar, sendo construídos significados individuais para uma mesma mensagem, com vista à produção de um sentido global através da sua comparação e se visa minimizar o potencial de imprecisões e erros de aquisição de dados associado a cada uma das MIs e/ou DIs).

Por outro lado, perspectivam-se contextos de hibridização, classificando-se como PI de Fusão Híbrida, em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias MIs e/ou DIs são processados de um modo heterogéneo, através de diferentes classes de fusão e/ou de pseudo-fusão, com vista à produção de um ou mais significados globais.

Por fim, caracterizam-se as possibilidades:

- das classes de PI de Fusão Cooperante, Complementar e Redundante poderem ser Puras (quando exclusivas) ou Impuras (quando uma parte pouco relevante dos sinais for associada através de uma classe diferente ou contextualizada a pseudo-fusão);
- da classe de PI de Fusão Híbrida poder ser Integral (se integrar todas as classes de fusão e a pseudo-fusão) ou Parcial (se tal não ocorrer).

→ **Dimensão de classificação:** concertação temporal de dados multimodais e/ou multidimensionais num PI.

A análise à concertação temporal na utilização das várias MIs e/ou DIs considera as possibilidades desta ocorrer de modo Síncrono (quando o recurso às várias MIs e/ou DIs coincide no tempo), Assíncrono (quando não coincide) ou Composto (quando se verifica a coexistência de diferentes classes de concertação temporal durante a utilização das suas várias MIs e/ou DIs).

Um PI Síncrono poderá ainda ser classificado em Total (quando a utilização das várias MIs e/ou DIs se inicia e termina ao mesmo tempo), Inicial (quando a utilização de todas as MIs e/ou DIs se inicia ao mesmo tempo mas termina em momentos diferentes), Terminal (quando a utilização das várias MIs e/ou DIs se inicia em momentos diferentes mas termina ao mesmo tempo), Envolvente (quando a utilização das várias DIs se inicia e termina em momentos diferentes e as de maior duração envolvem temporalmente as de menor duração) ou Sucessivo (quando a utilização das várias DIs se inicia e termina em momentos diferentes e as que se iniciam primeiro terminam, sucessivamente, também primeiro). Atente-se que apenas no contexto de um PI Síncrono Total se assiste a uma utilização perfeitamente simultânea entre todas as MIs e/ou DIs.

Por sua vez, um PI Assíncrono poderá ser classificado como Contínuo (quando a utilização de cada uma das várias MIs e/ou DIs ocorre em imediata sequência temporal) ou Descontínuo (quando a utilização das várias MIs e/ou DIs ocorre com um hiato de tempo a separá-las).

Por fim, um PI Composto poderá ser classificado em Síncrono (quando ocorrem diferen-

tes classes síncronas de conjugação temporal), Assíncrono (quando ocorrem diferentes classes assíncronas de conjugação temporal) ou Livre (quando ocorrem diferentes classes síncronas e assíncronas de conjugação temporal).

2.7. Naturalidade de interacção

O desenvolvimento de interfaces homem-computador tem promovido a aproximação funcional entre o modo como um AH interage com um AI e o modo como o faz em contexto natural com outros AHs ou com o ambiente em que se insere. Esta aproximação é defendida predominantemente a nível da academia e da indústria, sustentando-se na convicção de que promoverá HCIs mais fáceis, rápidas e eficazes.

Tratando-se de um paradigma de tal modo enraizado, a classificação de HCIs necessita de abarcar aprofundadamente esta dimensão de classificação. Uma tal abordagem não tem sido desenvolvida academicamente, reduzindo-se à simples consideração do carácter dicotómico de MIs: MIs naturais *versus* MIs artificiais. As primeiras adoptariam os modos de comunicação padrão da interacção em contexto homem-homem ou homem-ambiente, através da reprodução da sua natureza sensorial e dos modos da sua utilização, e as últimas possuiriam uma distinta natureza sensorial.

No entanto, verifica-se ainda a possibilidade, não abordada academicamente, de PIs em que o modo como o AH e/ou o AI interage(m) extravasa estas duas classes, posicionando-se num contexto transfigurado em que ocorre o recurso a MIs com a natureza sensorial das adoptadas nos contextos ditos naturais mas em que se verifica uma utilização artificializada das mesmas.

→ **Dimensão de classificação:** grau de naturalidade de MIs.

Justifica-se, por esta razão, uma distinção devidamente reticulada dos diferentes modos de interacção, ao nível das MIs, com a classificação fina de contextos de naturalidade sensorial, de naturalidade artificializada sensorial e de artificialidade sensorial. Também o modo como

as MIs se emparelham ao nível dos PIs e os PIs ao nível das HCIs, justifica uma análise que venha relevar a importância atribuída a um paradigma que atravessa décadas de história dos sistemas informáticos.

O entendimento de que as MIs devem ser decompostas ao nível das suas MOs e dos seus CIs implica o reconhecimento de que a classificação da natureza sensorial de MIs reflete as classificações das naturezas sensoriais das suas MOs e dos seus CIs. De facto, a MO de uma MI pode, por exemplo, ser classificada de natural e o correspondente CI de artificial.

Deste modo, consideram-se as seguintes classes de MO e de CI: Natural, se utiliza o canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e o procedimento de sua emissão/aquisição se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto; Natural Artificializada, se utiliza o canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas o procedimento de sua emissão se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto; e Artificial, se utiliza um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.

Neste âmbito, opta-se por atribuir igual grau de importância classificativa entre as três classes enunciadas, em detrimento de uma opção em que se considerassem apenas dois níveis superiores de classificação (Natural e Artificial) e em que uma especificação de uma diferença entre os modos de implementação de MOs ou CIs que recorrem a canais sensoriais naturais (Natural *versus* Natural Artificializado) ou, em alternativa, uma especificação do carácter de divergência em relação à naturalidade pura (Natural Artificializado *versus* Artificial) ocorresse num segundo nível de classificação. Esta opção resulta do entendimento de que qualquer uma das três classes enunciadas promove soluções de engenharia funcionalmente distintas, devendo ser-lhes atribuída idêntica relevância conceptual.

A síntese aditiva das classificações atribuídas a MOs e a CIs de uma MI promove a classificação desta, existindo nove classes possíveis (ver Quadro 23) que, de modo claro, a descrevem. No entanto a neutralidade de uma tal classificação dificulta uma análise nocional mais abstracta, propondo-se a adopção dos conceitos de paridade e imparidade modal para descrever o grau de naturalidade de uma MI.

Deste modo, classificam-se MIs como tendo *Output* e *Input* em Paridade Modal se as suas

MOs e os seus CIs possuírem a mesma relação com os contextos naturais de desenvolvimento: *MI com Output e Input em Paridade Modal Natural*; *MI com Output e Input em Paridade Modal Natural Artificializada*; e *MI com Output e Input em Paridade Modal Artificial*. Estas três classes, de grau de naturalidade coerente entre a MO e o CI, possibilitam a adopção das seguintes especificações sintéticas: *MI Natural*; *MI Natural Artificializada*; e *MI Artificial*.

Por sua vez, classifica-se de *MI com Output e Input em Imparidade Modal* se as suas MOs e os seus CIs possuírem diferente relação com os contextos naturais de desenvolvimento, existindo seis classes de articulação possível (*MI com Output e Input em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado*, *MI com Output e Input em Imparidade Modal Natural/Artificial*, *MI com Output e Input em Imparidade Modal Natural Artificializado/Natural*, etc.). Verifique-se que a classificação de carácter nocional ora adoptado aborda exactamente as mesmas nove classes abordadas pela classificação de carácter aditivo meramente descritiva. Acrescenta-lhes, no entanto, uma análise de carácter agregador.

→ **Dimensão de classificação:** grau de naturalidade de *PIs*.

Estando classificadas as *MI*s, justifica-se a classificação dos *PI*s que as agregam. De facto, uma *HCI* desenvolve-se através de *PI*s e é o seu grau de naturalidade que releva para os agentes que nela intervêm. Este grau de naturalidade advém directamente, no contexto de *PI*s Unimodais, da *MI* (a única) utilizada para o seu desenvolvimento. Deste modo, a classificação de *PI*s Unimodais contempla exactamente as mesmas nove classes anteriormente apresentadas (sejam elas através da classificação aditiva descritiva ou da classificação nocional).

Por sua vez, os *PI*s Multimodais, recorrendo a mais do que uma *MI*, obrigam a uma classificação mais aprofundada. Esta pode ser realizada através de dois referenciais classificativos diferentes que dependem do foco de análise adoptado: a classificação através da análise integrada das MOs do agente emissor e da análise integrada dos CIs do agente receptor, antes de uma agregação classificativa; ou a classificação através das classificações individuais de cada uma das *MI*s, antes de uma agregação classificativa. Estes diferentes referenciais promovem a identificação das mesmas classes mas facilitam processos de individualização analítica em função dos modos de actuação dos dois agentes envolvidos (o primeiro ponto de vista) ou das várias *MI*s utilizadas (o segundo ponto de vista).

→ **Dimensão de classificação:** grau de naturalidade de HCIs.

A classificação a atribuir a uma qualquer HCI depende intrinsecamente dos vários PIs desenvolvidos. No entanto, o elevado grau de abstracção associado à classificação da naturalidade de desenvolvimento de HCIs Complexas desaconselha a concepção de um sistema de classificação nocional de modo a garantir uma razoabilidade classificativa operável. Deste modo, propõe-se uma simples adição de carácter descritivo sustentada pelas classificações atribuídas aos vários PIs desenvolvidos.

Apesar de mais simples de desenvolver, a classificação do grau de naturalidade do desenvolvimento de HCIs Simples adopta o mesmo procedimento aditivo e descritivo de modo a assegurar a coerência do enquadramento classificativo.

Um tal sistema de classificação permitirá uma análise e uma diferenciação analítica adequada, mantendo os processos classificativos a um nível de razoabilidade conceptualmente tangível e funcionalmente operável.

Independentemente do número de PCPIs, este processo permite a identificação de HCIs de carácter paradigmático homogéneo (HCIs Naturais, HCIs Naturais Artificializadas e HCIs Artificiais), assim como HCIs de carácter paradigmático heterogéneo regado em função dos seus agentes (e.g. HCIs Naturais/Naturais Artificializadas, Naturais/Artificiais, etc.). Tratam-se de contextos de relevo analítico que justificam a sua ponderação.

3. IMPLICAÇÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

3.1. Aplicação, consolidação e transformação

A concepção de sistemas de classificação não se pode assumir como um objectivo encerrado em si mesmo — uma abstracção —, devendo dar origem à sua conseqüente aplicação. Não apenas uma aplicação reduzida a um carácter descritivo mas também uma aplicação que promova acção analítica.

Por exemplo, a classificação de um conjunto de HCIs, que partilhem os mesmos objectivos de interacção mas que se desenvolvam através de diferentes interfaces permitindo, assim,

identificar as características que optimizam a acção de cada um deles.

No entanto, a referida aplicação de carácter meramente descritivo deve também ser promovida. Através dela será possível, por exemplo, identificar e caracterizar o universo da HCI de um tempo, seja ele contemporâneo ou não. De facto, a análise histórica comparativa possui relevância fundamental para a compreensão de tendências e evoluções, assim como para a identificação de momentos chave de clivagem e revolução.

O universo da HCI e mais especificamente da multimodalidade possui uma tal diversidade que não é possível defender que as dimensões de classificação abordadas abarcam a totalidade do objecto de estudo. Deve ser ponderada a necessidade de se introduzir a análise de dimensões de classificação não consideradas neste projecto de investigação.

Por exemplo, o produto de uma HCI (o PIR emitido pelo agente receptor), tal como em qualquer outro processo comunicativo, poderá não ser o esperado pelo agente emissor no momento da apresentação de um PII, reflectindo muitas vezes as complexidades associadas ao transporte do conteúdo informativo a comunicar entre as partes. Por essa mesma razão, seria simplista afirmar-se que uma qualquer HCI atingirá necessariamente os objectivos prosseguidos.

A complexidade e as consequências de uma HCI, ao nível da prossecução dos seus objectivos, justificam uma análise que permita a distinção entre uma Interacção Válida (HCI em que os PIIs são correspondidos por PIRs esperados) e uma Interacção Inválida (HCI em que os PIIs não são correspondidos por PIRs esperados).

Se, por um lado, uma Interacção Válida não suscita, sumariamente, outro desenvolvimento analítico, o mesmo não se poderá dizer de uma Interacção Inválida. De facto, a classificação fina do erro em processos de comunicação e de interacção é de importância vital no âmbito da análise da HCI e da sua multimodalidade. Repare-se que, no contexto de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais, é essencial a identificação da origem da falha, nomeadamente da MI ou da DI em que esta ocorre. Justifica-se ainda uma classificação da classe de invalidade associada; por exemplo, se se trata: de uma simples imprecisão na interpretação de significados; de uma verdadeira adulteração de significados; de uma corrupção dos dados a interpretar; ou de uma efectiva nulidade da comunicação, em que o agente receptor nem se apercebeu da ocorrência da emissão de dados.

Por fim, defende-se ainda que existirão contextos de análise em que se considera pertinente a clarificação da responsabilidade pela imprecisão, adulteração, corrupção ou nulidade de uma HCI Inválida. Por exemplo, nos processos de análise na fase de concepção e teste de interfaces, justificar-se-á a imputação das responsabilidades pelas falhas de interacção detetadas — ao agente emissor, ao agente receptor, a ambos ou a um evento/entidade externa — com vista à sua resolução técnica e futura prevenção.

Outras dimensões de classificação poderão ser consideradas, devendo a sua relevância ser devidamente ponderada e justificada.

O desenvolvimento do conjunto de propostas de sistemas de classificação apresentados, deverá ser acompanhado de análise e classificação empírica de interfaces e HCIs. As características e objectivos da investigação desenvolvida não permitiram uma materialização aprofundada dos referidos processos mas a sua concretização assume-se como o passo natural para o mesmo.

3.2. Concepção de *Design Spaces*

A análise de *design spaces* encontrou justificação analítica e operativa relevante para a sua concepção. De facto, entende-se que promovem a *praxis* através da simplificação dos sistemas de análise e classificação consolidados academicamente.

Deste modo, o seu desenvolvimento deverá passar por uma depuração dos níveis de classificação mais finos de sistemas de classificação considerados relevantes, procurando-se a manutenção de uma fidelidade analítica aos conceitos de nível superior (operativamente mais relevantes e tangíveis).

Os *design spaces* permitem uma análise prospectiva estruturada por parte dos agentes responsáveis pela concepção e desenvolvimento de interfaces, assumindo-se como uma sequência lógica após a consolidação de sistemas de classificação de carácter mais aprofundado e teórico (i.e. as taxonomias e as tipologias).

No âmbito do presente projecto de investigação, encontrou-se proximidade operativa re-

levante entre as propostas apresentadas para as seguintes dimensões de classificação:

- estratégias de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais;
- objectivos de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais;
- estratégias de concertação temporal de associação de dados multimodais e/ou multidimensionais.

Estas dimensões de classificação justificam, pelo seu estado consolidado, a concepção de um *design space* e, atendendo ao seu carácter predominantemente técnico, possuem particular relevância para os processos de engenharia e desenvolvimento de interfaces (o campo de acção privilegiado de um *design space*).

Permitem, de facto, o desenvolvimento de estratégias analíticas que visem responder a questões de implementação técnica e comparativa, tais como as seguintes, definidas em torno da associação de diferentes pares de dimensões de classificação,:

1. "Qual é a estratégia de associação de dados que possibilita a mais eficaz promoção de um objectivo de associação específico?"
2. "Qual é a estratégia de concertação temporal de associação de dados que possibilita a mais eficaz implementação de uma estratégia de associação de dados específica?"
3. "Qual é a estratégia de concertação temporal de associação de dados que possibilita a mais eficaz promoção de um objectivo de associação específico?"

A associação de dimensões de classificação permite ainda a abordagem a outras questões, resultantes da associação de duas das dimensões de classificação, mas as três enunciadas possuem uma superior relevância no âmbito dos processos de engenharia.

Um tal *design space* permitirá ainda considerar questões que associem três dimensões de classificação, adoptando um maior grau de abstracção. Por exemplo: "Qual é a estratégia de associação de dados que, desenvolvida através de uma estratégia de concertação temporal de associação de dados específica, permite a mais eficaz promoção de um objectivo de associação específico?".

A este propósito, recorda-se a enunciada necessidade de depuração dos níveis de classifi-

cação mais finos de sistemas de classificação desenvolvidos. No contexto das três dimensões de classificação propostas, considera-se de baixa relevância operativa:

- a manutenção da distinção fina entre estratégias de fusão de carácter impuro e estratégias de fusão híbrida, assim como a caracterização destas últimas em integral e binária (tal como nas várias possibilidades de caracterização binária), no âmbito da classificação das estratégias de associação de dados;
- a manutenção da distinção fina entre processos interactivos de fusão e de pseudo-fusão de carácter impuro e processos interactivos híbridos, assim como a caracterização destes últimos em integral e parcial;
- a manutenção da caracterização fina realizada aos processos interactivos síncronos, assíncronos e compostos.

Atente-se que as propostas de simplificação não pretendem desvalorizar a pertinência das referidas caracterizações e distinções finas. Encontrou-se plena justificação para a sua adopção durante o projecto de investigação ora apresentado. Como se referiu, a análise académica deve privilegiar a caracterização plena da diversidade da HCI de carácter multimodal e só a sua máxima caracterização permite a compreensão das distintas formas de interacção que se podem desenvolver, assim como a sua adequada avaliação empírica.

Defende-se, no entanto, que os contextos de concepção de interfaces possuem características que inviabilizam a adopção de sistemas de classificação excessivamente atomizados pelo que a sua simplificação deve ser desenvolvida.

Outros *design spaces* poderão ser concebidos com base na combinação entre dimensões de classificação consideradas consequentes entre si.

Enuncia-se, uma vez mais, o papel relevante da concepção e adopção de *design spaces* ao nível da promoção de transferência de conhecimento teórico e prático, tendo como origem a academia ou a indústria. De facto, nunca é demais recordar a necessidade de aproximação entre estes dois campos de intervenção da ciência como veículo privilegiado para o seu próprio desenvolvimento.

É de salientar, no entanto, que a análise aos sistemas de classificação e *design spaces* encontrados na literatura da especialidade não revelou uma adequada aproximação entre estes

dois universos.

A academia encontra-se, frequentemente, cristalizada em processos de comunicação excessivamente sobredimensionados e codificados, vendo com desconfiança a possibilidade de promover a simplificação e comunicação externa do seu pensamento analítico. Deve, defende-se, assumir como sua função e responsabilidade a comunicação franqueada e descomplexada das conclusões da sua acção — por exemplo, através da concepção de relatórios curtos e despidos de formalismos académicos excessivos, disponibilizados através de modelos de *open-access* na *World Wide Web*.

BIBLIOGRAFIA

- Abascal, J., e Moriyón, R. (2002). Tendencias en interacción persona computador. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 16, 9 - 24.
- Allessi, S. M., e Trollip, S. R. (1991). *Computer-based instruction: methods and development* (2nd ed.). Boston, USA: Allyn and Bacon.
- Anastopoulou, S. (2004). *Investigating multimodal interactions for the design of learning environments: A case study in science learning*. Thesis submitted to The University of Birmingham for the degree of Doctor of Philosophy. Birmingham, United Kingdom.
- Anthony, L., Yang, J., e Koedinger, K. R. (2005). Evaluation of Multimodal Input for Entering Mathematical Equations on the Computer. *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2005)*. Portland, OR, USA. 1184 - 1187.
- Anthony, L., Yang, J., e Koedinger, K. R. (2006). Entering mathematical equations multimodally: Results on usability and interaction patterns. Technical Report CMU-HCII-06-101.
- Aran, O., Burger, T., Akarun, L., e Caplier, A. (2008). Gestural interfaces for hearing-impaired communication. In D. Tzovaras (Ed.), *Multimodal user interfaces: from signals to interaction* (pp. 219 - 250). Leipzig, Alemanha: Springer.
- Atrey, P. K., Hossain, M. A., El-Saddik, A., e Kankanhalli, M. S. (2010). Multimodal fusion for multimedia analysis: a survey. *Multimedia Systems*, 16(6), 345 - 379.
- Becker, N. (2001). *Multimodal Interface for mobile clients*. Technical report TRITA-NA-E01102, December 2001.
- Bergmann, K. e Kopp, S. (2008). Multimodal content representation for speech and gesture production. In M. Theune, I. van der Sluis, Y. Bachvarova and E. André (Eds.), *Symposium at the AISB Annual Convention: Multimodal Output Generation*, 61-68. Aberdeen, UK.
- Bernsen, N. O. (1994a). Foundations of multimodal representations: A taxonomy representational modalities. *Interacting with computers*, 6(4), 347 - 371.
- Bernsen, N. O. (1994b). Modality theory in support of multimodal interface design. In *Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Intelligent Multi-Modal Systems*. 37 - 44.
- Bernsen, N. O., Lu, S., e May, M. (1994). Towards a design support tool for multimodal interface design: The taxonomy workbench and theory demonstrator. Esprit Basic Research project AMODEUS-2 Working Paper RP5-TM-WP5.

- Bernsen, N. O., Dybkjær, L. (2003). *Best Practice in Natural and Multimodal Interactivity Engineering*, CLASS Deliverable D1.5+6, NISLab, University of Southern Denmark, February, 2003.
- Bernsen, N. O. (2008). Multimodality Theory. In D. Tzovaras (Ed.), *Multimodal user interfaces: from signals to interaction*, 5 - 30. Leipzig, Alemanha: Springer.
- Besson, P. (2007). A multimodal pattern recognition framework for speaker detection, Ph.D. Thesis, Lausanne, Suisse: École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Blache, P., Bertrand, R., e Ferré, G. I. (2008). Creating and exploiting multimodal annotated corpora. Paper presented at the LREC08 - Language Resource and Evaluation Conference, Marraqueche, Marrocos.
- Blache, P., Ferré, G. I., e Rauzy, S. P. (2007). An XML coding scheme for multimodal corpus annotation. Paper presented at the The fourth Corpus Linguistics Conference, Birmingham, United Kingdom.
- Blaser, A.D., Sester, M., e Egenhofer, M. (2000). Visualization in an early stage of the problem solving process in GIS. *Computer and GeoSciences, Special Issue on GeoScientific Visualization*, 26(1), 57 - 66. Elsevier Science
- Bolt, R. A. (1980). Put-That-There: Voice and gesture at the graphics interface. Paper presented at the SIGGRAPH '80: 7th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Seattle, EUA.
- Bolter, J. D. e Grusin, R. (2000). *Remediation. Understanding New Media*. Cambridge: The MIT Press.
- Bourguet, M.-L. (2003). Designing and Prototyping Multimodal Commands. In Rautberg, M., Menozzi, M., e Wesson, J. (Eds.), *Human computer interaction -- INTERACT'03*, 717 - 720. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press.
- Bourguet, M.-L. (2007). Towards a taxonomy of error-handling strategies in recognition-based multimodal human-computer interfaces. *Signal Processing Journal*, 86(12), 3625 - 3643.
- Bourguet, M.-L. (2009). An overview of multimodal interaction techniques and applications. In P. Zaphiris e C. S. Ang (Eds.), *Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications*, 95 - 101. New York, USA: Information Science Reference.

- Bretan, I., Karlgren, J. (1993). Synergy effects in natural language based multimodal interaction. In Proceedings of the ERCIM 1993 Workshop on Multimodal Human-Computer Interaction. Nancy, France.
- Buisine, S. P., e Martin, J.-C. (2005). Children's and adults' multimodal interaction with 2D conversational agents. Paper presented at the International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '05), Portland, Oregon, EUA.
- Bush, V. (1963). MIT TechTV. (2011, Janeiro 21). Looking Back on The Bomb (1963) - Science Reporter TV Series [Arquivo de vídeo]. Consultado em <http://techtv.mit.edu/videos/10266-looking-back-on-the-bomb-1963-science-reporter-tv-series>.
- Carbonell, N. (2003). Towards the design of usable multimodal interaction languages. *Universal Access in the Information Society*, 2(2), 143 - 159.
- Card S. K., Moran T. P., Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Taylor & Francis.
- Carroll, J. M. (1997). Human-Computer Interaction: Psychology as a Science of Design. *Annual Review of Psychology*, Vol. 48: 61-83 (Volume publication date February 1997), 501 - 522.
- Catinis, L. (1998). Etude de l'usage de la parole dans les interfaces multimodales. Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, França.
- Caschera, M. C. (2009). Interpretation Methods and Ambiguity Management in Multimodal Systems. In Grifoni, P. (Ed.) *Multimodal Human Computer Interaction and Pervasive Services*, 87 - 102. IGI Global: Hershey, New York.
- Caschera, M.C., Ferri, F., e Grifoni, P. (2007). Multimodal interaction systems: Information and time features. *International Journal of Web and Grid Services*, 3(1). 82 - 99.
- Chen, F., e Sun Y. (2009). An Efficient Unification-Based Multimodal Language Processor for Multimodal Input Fusion. In Grifoni, P. (Ed.) *Multimodal Human Computer Interaction and Pervasive Services*, 58 - 86. IGI Global: Hershey, New York.
- Chignell, M. H., e Hancock, P. A. (1988). Intelligent Interface Design. In M. Helander (Ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, 969 - 991. North-Holland: Elsevier Science Publishers.

- Clark, J. J., e Yuille, A. L. (1990). Data fusion for sensory information processing systems. Kluwer Academic Publ.
- Clark, H., e Brennan, S. (1991). Grounding in communication. In L. B. Resnick, J. Levine, e S. Sag (Eds.), *Perspective on socially shared cognition*, 127 - 149. Washington, DC, USA: American Psychological Association.
- Cohen, P. R., Dalrymple, M., Moran, D. B., Pereira, F. C. N., Sullivan, J. W., Gargan Jr., R. A., Schlossberg, J. L., e Tyler, S. W. (1989). Synergistic Use of Direct Manipulation and Natural Language. In *Proceedings of CHI'89: Conference on Human Factors in Computer Systems*. New York, USA. Association for Computing Machinery. 227 - 233.
- Cohen, P. R. (1992). The role of natural language in a multimodal interface. In *Proceedings of UIST'92*, ACM Press, New York, USA. 143 - 149.
- Cohen, P. R., Johnston, M., McGee, D., Oviatt, S., Pittman, J., Smith, I., Chen, L., e Clow, J. (1997). QuickSet: Multimodal Interaction for Simulation Set-up and Control. In *Proceedings of the Fifth Applied Natural Language Processing meeting*. 20 - 24.
- Cohen, P. R., Johnston, M., McGee, D., Oviatt, S. L., Clow, J., e Smith, I., (1998). The efficiency of multimodal interaction: A case study. In *Proceedings of the International Conference on Spoken Language*. Sydney, Australia. 249 - 252.
- Coutaz, J. I., e Caelen, J. (1991). A taxonomy for multimedia and multimodal user interfaces. Paper presented at the First European Research Consortium for Informatics and Mathematics Workshop on Multi-modal Human-Computer Interaction, Lisboa, Portugal.
- Coutaz, J., Nigay, L., e Salber, D. (1993). Taxonomic issues for multimodal and multimedia interactive systems. *Proceedings of the Workshop on Multimodal Human-Computer Interaction (ERCIM '93)*, 3 - 12. Nancy, France.
- Cybis, W. A. (2003). Engenharia de usabilidade: uma abordagem ergonômica. Apostila de Engenharia de Usabilidade. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Deleuze, G., and McMuhan, M. (1998). The Brain Is the Screen: Interview with Gilles Deleuze on "The Time-Image. *Discourse*, Vol. 20, No. 3, Gilles Deleuze: A Reason to Believe in this World (Fall 1998). 47 - 55.

- D'Ulizia, A., e Ferri, F. (2006). Formalization of multimodal languages in pervasive computing paradigm. Paper presented at the Third International Conference On Signal-Image Technology e Internet-Based Systems (Sitis'06).
- D'Ulizia, A. (2009). Exploring Multimodal Input Fusion Strategies. In Grifoni, P. (Ed.) *Multimodal Human Computer Interaction and Pervasive Services*, 34 - 57. IGI Global: Hershey, New York.
- DeWitte, A. E. (2008). Investigation of dynamic three-dimensional tangible touchscreens: usability and feasibility. Rochester Institute of Technology, Rochester.
- Djenidi H., Ramdane-Cherif A., Tadj C., Levy N. (2002). Generic Multi-Agent Architectures for Multimedia Multimodal Dialogs. MOCA 2002: Second Workshop on Modelling of Objects, Components, and Agents, Aarhus, Denmark, August, 26 - 27.
- Doyle, J., Bertolotto, M., e Wilson, D. (2009). Benefits, Challenges, and Research in Multimodal Mobile GIS. In Grifoni, P. (Ed.) *Multimodal Human Computer Interaction and Pervasive Services*, 331 - 350. IGI Global: Hershey, New York.
- Dow, S., Mehta, M., Harmon, E., MacIntyre, B., and Mateas, M. (2007). Presence and engagement in an interactive drama. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1487 - 1484.
- Dumas, B., Lalanne, D., e Oviatt, S. (2009). Multimodal interfaces: A survey of principles, models and frameworks. In D. Lalanne e J. Kohlas (Eds.), *Human machine interaction*. Berlin - Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. 3 - 26.
- Dutoit, T., Nigay, L., e Schnaider, M. (2006). Editorial of the special issue on multimodal human-computer interfaces. *Signal Processing*, 86(12), 3515 - 3517.
- Esteban, J., Starr, A., Willetts, R., Hannah, P., e Bryanston-Cross, P. (2005). A review of data fusion models and architectures: towards engineering guidelines. *Neural Computation and Applications*, 14, 273 - 281.
- Ferri, F., e Paolozzi, S. (2009). Analyzing multimodal interaction. In Grifoni, P. (Ed.) *Multimodal Human Computer Interaction and Pervasive Services*, 19 - 33. IGI Global: Hershey, New York.

- Foley, J., Wallace, V. L. e Chan, P. (1984). The Human Factors of Computer Graphics Interaction Techniques. Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Graphics and Applications, 4(11), 13 - 48.
- Ghazanfar, A. A., e Schroeder, C. E. (2006). Is neocortex essentially multisensory? *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10(6), 278 - 285.
- Gourdol, A. P. J., Nigay, L. M. B., Salber, D., e Coutaz, J. I. (1992). Multimodal systems: Aspects of events fusion and a taxonomy. Paper presented at the IFIP 12th World Computer Congress on Algorithms, Software, Architecture - Information Processing '92, Madrid, Espanha.
- Hall, D. L., e Llinas, J. (1997). An introduction to multi-sensor data fusion. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 85(1): 6 - 23.
- Hansson, P., Wallberg, A., e Simsarian, K. (1997). Techniques for "natural" interaction in multi-user CAVE-like environments, ECSCW '97: Proceedings of the European conference on computer Supported Cooperative Work.
- Hickey, M. (2000). Multimodal requirements for voice mark-up languages. W3C working draft 10 July 2000. Retrieved on April 18, 2012, from <http://www.w3.org/TR/multimodal-reqs>.
- Hillis, J. M., Ernst, M. O., Banks, M. S., e Landy, M. S. (2002). Combining sensory information: Mandatory fusion within, but not between, senses. *Science* 298 (5598): 1627 - 1630.
- Hyde, J. (1998). Towards a Formal Representation of Multi-Modal Systems for Usability Assessment. In May, Siddiqi, J., e Wilkinson, J. (Eds.), *Human-Computer Interaction'98 Conference Companion: Adjunct Proceedings of the 13th British Computer Society Annual Conference on Human Computer Interaction, HCI'98*. Held at Sheffield Hallam University, Sheffield. 84 - 85.
- Inanoglu, Z., Jottrand, M., Markaki, M., Stankovic, K., Zara, A., Arslan, L., Dutoit, T., Panzic, I. S., Saraçlar, M., e Stylianou, Y. (2007). Multimodal speaker identity conversion – Continued. Paper presented at the eNTERFACE07 workshop, Istambul, Turquia.

- ISO 9241-210 (2010). Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Standardization Organization (ISO). Switzerland. Consultado em www.iso.org.
- ISO 9241-11 (1998) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability. International Standardization Organization (ISO). Switzerland. Consultado em www.iso.org.
- James, F., e Gurram, R. (2009). Multimodal and federated interaction. In P. Zaphiris e C. S. Ang (Eds.), *Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications*. New York, USA: Information Science Reference. 102 - 122.
- Karam, M., e Schraefel, M. C. (2005). A taxonomy of gestures in human computer interaction. Electronics and Computer Science, University of Southampton.
- Kieffer, S., e Carbonell, N. (2007). How really effective are multimodal hints in enhancing visual target spotting? Some evidence from a usability study. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 1(1), 1 - 5.
- Ko, T. H. (2003). *Untethered human motion recognition for a multimodal interface*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Kuniavsky, M. (2003). *Observing the user experience: a practitioner's guide to user research*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA.
- Landragin, F. (2007). Physical, semantic and pragmatic levels for multimodal fusion and fission. Paper presented at the Seventh International Workshop on Computational Semantics (IWCS-7), Tilburg, Netherlands.
- Larson, J. A., Oviatt, S. L., e Ferro, D. (1999). Designing the user interface for pen and speech applications. CHI '99 Workshop, Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99), Philadelphia, USA.
- Lee, J. C.-H. (2005). *Spatial user interfaces: Augmenting human sensibilities in a domestic kitchen*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Linnæus, C. (1792) *Philosophia Botanica*, Matriti, P. Marine.
- Lisowska, A. (2007). *Multimodal interface design for multimedia meeting content retrieval*. Université de Genève, Geneva, Switzerland.

- López-Cózar, R. (2003). Uso de canales de comunicación adicionales en sistemas conversacionales. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 30, 89 - 97.
- Maes, S. H., e Saraswat, V. (2003). Multimodal interaction requirements. W3C note 8 January 2003. Retrieved on April 18, 2012, from <http://www.w3.org/TR/mmi-reqs/>.
- Martin, J.-C. (1997). Towards "intelligent" cooperation between modalities. The example of a system enabling multimodal interaction with a map. In *Proceedings of the IJCAI'97 workshop on "Intelligent Multimodal Systems"*. August 24th. Nagoya, Japan.
- Martin, J.-C. (Ed.). (1998). *TYCOON: Theoretical framework and software tools for multimodal interfaces*. Cambridge, Massachusetts, EUA: AAAI Press.
- Martin, J.-C., Valdeman, R., e Bérroule, D. (1998). Developing multimodal interfaces: A theoretical framework and guided propagation networks. In Bunt, H., Beun, R.-J., Borghuis, T. (Eds.). *Multimodal Human-Computer Communication: Systems, Techniques, and Experiments*. Berlin: Springer-Verlag. 158 - 187.
- Maybury, M. (1991). Introduction. In Maybury, M. (Ed.). *Intelligent multimedia interfaces*. Cambridge, MA: AAAI Press.
- Maybury, M., e Wahlster, W. (1998). Intelligent user interfaces: An introduction. In Maybury, M. e Wahlster, W. (Eds.). *Readings in intelligent user interfaces*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Maragos, P., Gros, P., Katsamanis, A., e Papandreou, G. (2008). Cross-Modal Integration for Performance Improving in Multimedia: A Review. In, Maragos, P., Potamianos, A., e Gros, P. (Eds.). *Multimodal Processing and Interaction: Audio, Video, Text*. Springer-Verlag, 3 - 48.
- McGurk, H., e MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746 - 748. Nature Publishing Group
- Mendeléeff, D. (1889). The Periodic Law of the Chemical Elements. *Journal of the Chemical Society - Transactions*, 55, 634 - 656.
- Metcalf, R. W. (2007). The size-weight illusion in a natural and augmented environment. Simon Fraser University, Burnaby, BC, Canadá.
- Mynatt, E. D. (1997). Transforming graphical interfaces into auditory interfaces for blind users. *Human-Computer Interaction*, 12(1), 7 - 45.

- Nigay, L., e Coutaz, J. I. (1993). A design space for multimodal systems: Concurrent processing and data fusion. Paper presented at the INTERCHI'93 – Conference on Human Factors in Computing Systems, joint conference of ACM SIG-CHI and INTERACT, 172 - 178. Amsterdam, The Netherlands.
- Nigay, L. (1994). Conception et modélisation logicielles des systèmes interactifs: application aux interfaces multimodales. THESE présentée pour obtenir le titre de Docteur de l'Université Joseph Fourier – Grenoble 1.
- Nigay, L., e Coutaz, J. I. (1997). Multifeature Systems: The CARE Properties and Their Impact on Software Design. In: *Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces*, AAAI Press.
- Oviatt, S. (1996). Multimodal interfaces for dynamic interactive maps. Paper presented at the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: common ground, Vancouver, British Columbia, Canadá.
- Oviatt, S., e Wahlster, W. (1997). Introduction to this special issue on multimodal interfaces. *Human-Computer Interaction*, 12(1), 1 - 5.
- Oviatt, S. L., Angeli, A. D., e Kuhn, K. (1997). Integration and Synchronization of Input Modes during Multimodal Human-Computer Interaction. In *Proceedings of CHI'1997*. 415 - 422.
- Oviatt, S. L. (1999a). Ten myths of multimodal interaction. In *Communications of the ACM*, 42(11), 74 - 81.
- Oviatt, S. L. (1999b). Mutual disambiguation of recognition errors in a multimodal architecture. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)* (pp. 576-583). New York: ACM Press.
- Oviatt, S., Cohen, P., Wu, L., Vergo, J., Duncan, L., Suhm, B., Bers, J., Holzman, T., Winograd, T., Landay, J., Larson, J., e Ferro, D. (2000). Designing the user interface for multimodal speech and pen-based gesture applications: State of the art systems and future research directions, *Human Computer Interaction*, 15(4), 263 - 322.
- Oviatt, S. (2001). Designing robust multimodal systems for diverse users and environments. In *Workshop on universal accessibility of ubiquitous computing: providing for the elderly*.

- Oviatt, S.L. (2002). Multimodal interfaces. In J. Jacko, e A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications (Human Factors and Ergonomics)*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Oviatt, S., Coulston, R., Shriver, S. Xiao, B., Wesson, R., Lunsford, R., e Carmichael, L. (2003). Toward a theory of organized multimodal integration patterns during Human-Computer Interaction. In *Proceedings of the International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'03)*. ACM Press, New York, USA. 44 - 51.
- Oviatt, S., Coulston, R., e Lunsford, R. (2004). When do we interact multimodally? Cognitive load and multimodal communication patterns. In *Proceedings of the 6th IEEE international conference on multimodal interfaces*. State College, PA, USA. 129 - 136. New York: ACM Press.
- Oviatt, S. (2006). Toward adaptive information fusion in multimodal systems. In *Proceedings of the 2005 NICTA-HCSNet Multimodal User Interaction Workshop*, 57.
- Packer, R. e Jordan, K. (2001). *Multimedia: From Wagner to Virtual Reality*, New York: Norton.
- Pastra, K., e Wilks, Y. (2004). Vision-language integration in AI: a reality check. In *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence*. 937 - 941.
- Pavlovski, C. J., e Mitchell, S. (2009). Mobility and Multimodal User Interfaces. In P. Zaphiris e C. S. Ang (Ed.), *Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications* (pp. 1213 - 1222). New York, USA: Information Science Reference.
- Pelachaud, C. (2005). Multimodal expressive embodied conversational agents. In *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*, Singapore. 683 - 689.
- Piaget, J. (1959). *The Psychology of Intelligence*. London, Routledge and Kegan Paul Ltd.
- Reeves, L. M., Lai, J., Larson, J. A., Oviatt, S., Balaji, T. S., Buisine, S., Collings, P., Cohen, P., Kraal, B., Martin, J.-C., McTear, M., Raman, T., Stanney, K. M., Su, H., e Wang, Q. Y. (2004). Guidelines for multimodal user interface. *Communications of the ACM*, 47(1), 57 - 59.
- Roth, S. F., Chuah, M. C., Kerpedjiev, S., Kolojejchick, J., e Lucas, P. (1997). Towards an information visualization workspace: Combining multiple means of expression. *Human-Computer Interaction*, 12(1 e 2), 131 - 185.

- Sinha, A. K., e Landay, J. A. (2002). Embarking on multimodal interface design. *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI 2002)*. 355 - 369. Pittsburgh, PA.
- Sharma, R., Pavlovic, V.I., e Huang, T.S. (1998). Toward multimodal human-computer interface. In *Proceedings of the IEEE, Special Issue on Multimedia Signal Processing*, 86(5), 853 - 869.
- Shneiderman, B. (1992). Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction. Reading, Massachusetts, EUA: Addison-Wesley Pub. Co.
- Schomaker, L., Nijtmans, A.J., Camurri, F. Lavagetto, P., Morasso, C., Benoit, T., *et al* (1995). A taxonomy of multimodal interaction in the human information processing system. Multimodal Integration for Advanced Multimedia Interfaces (MIAMI). ESPRIT III, Basic Research Project 8579.
- Sproull, L. e Kiesler, S. (1991). Connections: New ways of working in the networked organization. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sturm, J. (2005). On the usability of multimodal interaction for mobile access to information services. Tese de Doutorado. Radboud University Nijmegen, Nijmegen, The Netherlands.
- Tzovaras, D. (2008). Introduction. In D. Tzovaras (Ed.), *Multimodal user interfaces: from signals to interaction*. Leipzig, Alemanha: Springer-Verlag Berlin / Heidelberg. 1 - 4.
- Vernier, F., e Nigay, L. (2001). A framework for the combination and characterization of output modalities. In P. Palanque e F. Paternò (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 1946, pp. 35 - 50). Leipzig, Alemanha: Springer-Verlag Berlin / Heidelberg.
- Vetter, A., e Chanier, T. (2006). Supporting oral production for professional purposes in synchronous communication with heterogeneous learners. *ReCALL - The Journal of EuroCALL*, 18(1), 5 - 23.
- Viste, M. (2007). Visualization of Complex Systems. Ph.D. dissertation, University of Bergen.
- Vo, M.T. (1998). A framework and toolkit for the construction of multimodal learning interfaces. Unpublished doctoral dissertation, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- Vogt, C. (2011, March 3). Editorial: Classificar, descrever, explicar. In *ComCiência - Revista eletrônica de jornalismo científico*, 126. Retrieved on June 10, 2012 from <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=64&id=806>.

- Wahlster, W. (1987, Agosto). Pointing, Language and the Visual World: Towards Multimodal Input and Output for Natural Language Dialog Systems (Panel). In Proceedings of the 10th International Joint Conference on Artificial Intelligence. Milan, Italy. Morgan Kaufmann. 1163.
- Weiser, M. (1991). The computer in the 21st century. *Scientific American*, 256(3), 94 - 104.
- Wiener, N. (1954). The human use of human beings: Cybernetics and society (pp. 15-27). Boston: Houghton Mifflin.
- Woods, B. (2002) What is Multimodality? Retrieved on August 1, 2003 from <http://www.instantmessagingplanet.com/wireless/article.php/976511>.
- Wright, P. C., Robert, E. F., e Harrison, M. D. (2000). Analysing human-computer interaction as distributed cognition: The resources model. *Human-Computer Interaction*, 15(1), 1 - 41.
- Wright, D., e Wareham, G. (2005). Mixing sound and vision: The interaction of auditory and visual information for earwitnesses of a crime scene, *Legal and Criminological Psychology*, 10(1), 103 - 108.
- Xiao, B., Girand, C., e Oviatt, S. L. (2003). Multimodal integration patterns in children. In Proceedings of ICSLP'2002, 629 - 632.
- Yanco, H. A., e Drury, J. L. (2002, Novembro). A Taxonomy for Human-Robot Interaction. Paper presented at the AAAI Fall Symposium on Human-Robot Interaction, Falmouth, Massachusetts, EUA.
- Yanco, H. A., e Drury, J. L. (2004, Outubro). Classifying human-robot interaction: An updated taxonomy. Paper presented at the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, The Hague, Holanda.
- Yin, Y. (2010). Toward an Intelligent Multimodal Interface for Natural Interaction, Thesis submitted to The Massachusetts Institute of Technology for the degree of Master of Sciences. Massachusetts, EUA.
- Yu, D., e Deng, L. (2009). Speech-Centric Multimodal User Interface Design in Mobile Technology. In P. Zaphiris e C. S. Ang (Ed.), *Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications*, 997 - 1014. New York, USA: Information Science Reference.

- Zaphiris, P., e Ang, C. S. (2009). Human computer interaction: concepts, methodologies, tools, and applications. In P. Zaphiris e C. S. Ang (Ed.), Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications, xxxv - lvi. New York, USA: Information Science Reference.
- Zenka, R., e Slavík, P. (2004). Multimodal Interface for Data Retrieval during Conversation. In Proceedings for the 19th International CODATA Conference - The Information Society: New Horizons for Science [CD-ROM]. Paris: CODATA - International Council for Science.
- Zhang, Z. (2009). Leveraging Pervasive and Ubiquitous Service Computing. In P. Zaphiris e C. S. Ang (Ed.), Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications, 262 - 278. New York, USA: Information Science Reference.

ANEXO

COMPÊNDIO DAS PROPOSTAS DE SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

Reservou-se para anexo um compêndio das propostas de sistemas de classificação integradas. Pretende-se, deste modo, facilitar a sua consulta e utilização.

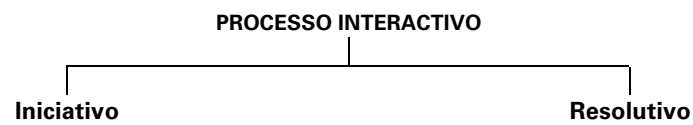
ÍNDICE

Quadro 1.	Classificação-base de processos interactivos	A/4
Quadro 2.	Classificação de processos interactivos quanto à sua relação externa	A/5
Quadro 3.	Classificação processos interactivos quanto à sua relação interna	A/6
Quadro 4.	Classificação da profusão de processos interactivos de uma interacção	A/7
Quadro 5.	Classificação de um processo interactivo quanto ao número de modalidades de interacção	A/8
Quadro 6.	Classificação de uma interacção singular quanto à profusão de modalidades de interacção ao nível dos seus processos interactivos	A/9
Quadro 7.	Classificação da articulação de processos interactivos de uma interacção complexa ao nível da profusão das suas modalidades de interacção	A/10
Quadro 8.	Classificação de um processo interactivo quanto à profusão e contexto de selecção das modalidades de interacção	A/39
Quadro 9.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto à profusão e contexto de selecção das dimensões de informação	A/42
Quadro 10.	Classificação de estratégias de associação de dados multimodais	A/46
Quadro 11.	Classificação de estratégias de associação de dados multidimensionais	A/48
Quadro 12.	Classificação de objectivos de associação de dados multidimensionais	A/50
Quadro 13.	Classificação de estratégias de concertação temporal de dados multidimensionais	A/52
Quadro 14.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade	A/54
Quadro 15.	Classificação de uma modalidade de <i>output</i> quanto ao seu grau de naturalidade	A/55
Quadro 16.	Classificação de um canal de <i>input</i> quanto ao seu grau de naturalidade	A/56
Quadro 17.	Classificação de uma modalidade de interacção quanto ao seu grau de naturalidade	A/57
Quadro 18.	Classificação de um processo interactivo unimodal quanto ao seu grau de naturalidade	A/59
Quadro 19.	Classificação de um processo interactivo multimodal quanto ao grau de naturalidade das suas modalidades de <i>output</i>	A/61
Quadro 20.	Classificação de um processo interactivo multimodal quanto ao grau de naturalidade dos seus canais de <i>input</i>	A/63

Quadro 1.
CLASSIFICAÇÃO-BASE DE PROCESSOS INTERACTIVOS

1. **PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo** — apresentação de uma solicitação por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.

2. **PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo** — apresentação de uma resposta por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.



Quadro 2.

CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS INTERACTIVOS QUANTO À SUA RELAÇÃO EXTERNA

1. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo — apresentação de uma solicitação por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.

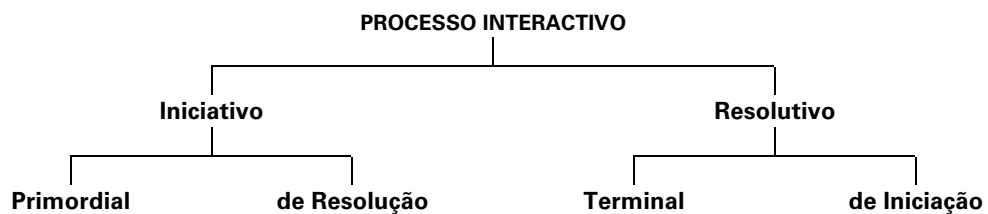
1.A. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo Primordial — é desencadeado autonomamente e não corresponde à produção de PIR em desenvolvimento no âmbito de outra HCI.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo de Resolução — é desencadeado através do PIR associado a outra HCI em desenvolvimento.

2. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo — apresentação de uma resposta por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo Terminal — é PIR de uma HCI sem desencadear uma outra em que se assumiria como PII.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo de Iniciação — é PIR de uma HCI ao mesmo tempo que se assume como PII de uma outra que desencadeia.



Quadro 3.

CLASSIFICAÇÃO PROCESSOS INTERACTIVOS QUANTO À SUA RELAÇÃO INTERNA

1. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo — apresentação de uma solicitação por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.

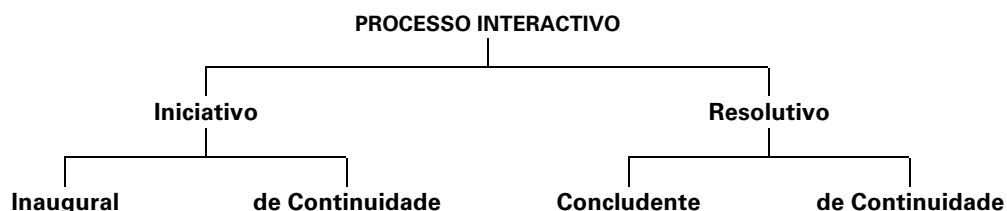
1.A. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo Inaugural — desencadeia uma HCI.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Iniciativo de Continuidade — é desenvolvido após a ocorrência de um PIR que não possibilita o imediato cumprimento dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu, dando continuidade à HCI que se encontrava em curso.

2. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo — apresentação de uma resposta por parte de um agente (humano ou informático) à sua contraparte.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo Concludente — conclui uma HCI, possibilitando o cumprimento imediato dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO Resolutivo de Continuidade — responde a um PII mas que não possibilita o imediato cumprimento dos objectivos de interacção do agente que os estabeleceu, pressupondo a continuidade da HCI em curso através de um PII de Continuidade.



QUADRO 4.
CLASSIFICAÇÃO DA PROFUSÃO DE PROCESSOS INTERACTIVOS DE UMA INTERACÇÃO

1. INTERACÇÃO Singular — os objectivos de interacção ocorrem através do desenvolvimento de apenas um PCPI.

2. INTERACÇÃO Complexa — os objectivos de interacção ocorrem através do desenvolvimento de dois ou mais PCPIs.

2.A. INTERACÇÃO Complexa Direccionada — implementada com base num plano de desenvolvimento pré-definido que terá de ser seguido sequencialmente de modo a assegurar a prossecução dos objectivos de interacção.

2.A.1. INTERACÇÃO Complexa Direccionada Primária — o plano de desenvolvimento foi estabelecido pelo emissor dos PIs.

2.A.2. INTERACÇÃO Complexa Direccionada Secundária — o plano de desenvolvimento foi estabelecido pelo receptor dos PIs.

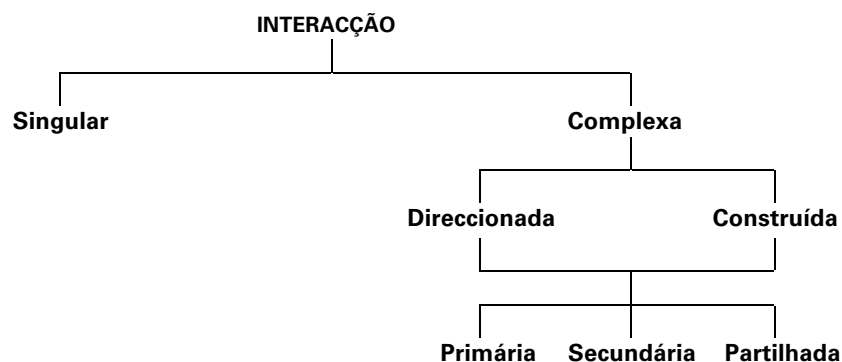
2.A.3. INTERACÇÃO Complexa Direccionada Partilhada — o plano de desenvolvimento foi estabelecido conjuntamente pelo emissor e pelo receptor do PIs.

2.B. INTERACÇÃO Complexa Construída — implementada com base num plano de desenvolvimento cuja sequência e definição não se encontra estabelecida previamente, sendo definido passo-a-passo ao longo da HCI, de modo a assegurar a prossecução dos objectivos de interacção.

2.B.1. INTERACÇÃO Complexa Construída Primária — o plano de desenvolvimento vai sendo estabelecido pelo emissor do PIs.

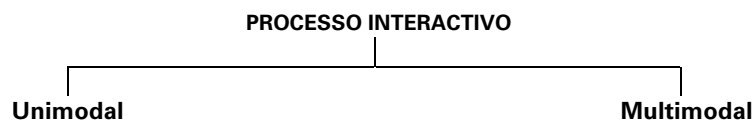
2.B.2. INTERACÇÃO Complexa Construída Secundária — o plano de desenvolvimento vai sendo estabelecido pelo receptor do PIs.

2.B.3. INTERACÇÃO Complexa Construída Partilhada — o plano de desenvolvimento vai sendo estabelecido conjuntamente pelo emissor e pelo receptor do PIs.



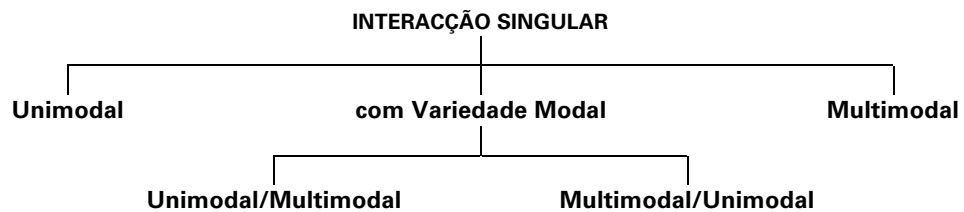
QUADRO 5.
**CLASSIFICAÇÃO DE UM PROCESSO INTERACTIVO QUANTO AO NÚMERO
DE MODALIDADES DE INTERACÇÃO**

1. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal** — recorre a apenas uma MI.
2. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal** — recorre a duas ou mais MIs.



QUADRO 6.
**CLASSIFICAÇÃO DE UMA INTERACÇÃO SINGULAR QUANTO À PROFUSÃO
 DE MODALIDADES DE INTERACÇÃO AO NÍVEL DOS SEUS PROCESSOS INTERACTIVOS**

1. **INTERACÇÃO SINGULAR Unimodal** — tanto o PII como o PIR possuem carácter unimodal.
2. **INTERACÇÃO SINGULAR com Variedade Modal** — uma das classes de PI (o PII ou o PIR) desenvolvida possui carácter unimodal e a outra possui carácter multimodal.
 - 2.A. **INTERACÇÃO SINGULAR com Variedade Modal Unimodal/Multimodal** — o PII possui carácter unimodal; o PIR possui carácter multimodal.
 - 2.B. **INTERACÇÃO SINGULAR com Variedade Modal Multimodal/Unimodal** — o PII possui carácter multimodal; o PIR possui carácter unimodal.
3. **INTERACÇÃO SINGULAR Multimodal** — tanto o PII como o PIR possuem carácter multimodal.



QUADRO 7.
**CLASSIFICAÇÃO DE UMA INTERACÇÃO COMPLEXA QUANTO À PROFUSÃO
 DE MODALIDADES DE INTERACÇÃO AO NÍVEL DOS SEUS PROCESSOS INTERACTIVOS**

1. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal — tanto os PIs como os PIRs possuem carácter unimodal.

1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI e/ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal — alguns dos PIs (PIs e/ou PIRs) possuem carácter unimodal e os demais possuem carácter multimodal.

2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento — o modo como os PIs Unimodais e os PIs Multimodais alternam entre si encontra-se enquadrado por uma qualquer regra.

2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado — os PIs Unimodais e os PIs Multimodais encontram-se posicionados especificamente em PIs e/ou PIRs.

2.A.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total — todos os PIs possuem o mesmo carácter modal entre si, o mesmo sucedendo com todos os PIRs.

2.A.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal — todos os PIs são unimodais; todos os PIRs são multimodais.

2.A.1.A.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.A.1.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.A.1.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.A.1.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre à

mesma MI; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.A.1.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MI.

2.A.1.A.1.B.2.B.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Unimodal/Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal — todos os PIs são multimodais; todos os PIRs são unimodais.

2.A.1.A.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.A.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Total Multimodal/Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial — apenas uma das classes de PI (PIs ou PIRs) adopta sempre o mesmo carácter

modal, ocorrendo a outra classe de PI de modo modal diversificado.

2.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo — os PIs adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs não adoptam todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal — os PIs são todos unimodais; os PIRs não adoptam todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.A.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Totalmente Imper-

feita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.A.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.A.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.A.1.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre à mesma MI; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de

MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal — os PIs são todos multimodais; os PIRs não adoptam todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.1.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs variam no número de MIs

utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A.4. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.5. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A.6. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.7. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de

número inferior de MIs.

2.A.1.B.1.B.2.A.8. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.A.9. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Iniciativo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no nú-

mero de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.1.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.1.B.1.B.2.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Inicialmente Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo — os PIs não adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs possuem todos o mesmo carácter modal.

2.A.1.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal — os PIs não adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs são todos unimodais.

2.A.1.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Perfeita — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorial-

mente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.A.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.A.2.B.2. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Unimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas

MI e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre à mesma MI.

2.A.1.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal — os PIs não adoptam todos o mesmo carácter modal; os PIRs são todos multimodais.

2.A.1.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Perfeita — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs Multimodais

variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.4. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde à MI utilizada nos PIs Unimodais e às demais MIs utilizadas nos PIs Multimodais de menor número de MIs que, por sua vez, recorrem às mesmas MIs; os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.5. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e estas não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde à MI utilizada nos PIs Unimodais e às demais MIs utilizadas nos PIs Multimodais de menor número de MIs e/ou que, por sua vez, recorrem às mesmas MIs; os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.6. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.A.7. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.A.8. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.A.9. INTERACÇÃO INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais

2.A.1.B.2.B.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número

de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.A.1.B.2.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.1.B.2.B.2.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Posicionado Parcial Resolutivo Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado — os dois PIs de cada PCPI possuem o mesmo carácter modal (unimodal ou multimodal), variando este entre os vários PCPIs.

2.A.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Perfeita — os pares conjugados de PIs Unimodais integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI; os pares conjugados de PIs Multimodais integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas, e PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Imperfeita — os pares conjugados de PIs Unimodais não integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou os pares conjugados de PIs Multimodais não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas, e PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita — os pares conjugados de PIs Unimodais não integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI; os pares conjugados de PIs Multimodais não integram necessariamente PIs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas, e PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.1.D. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.E. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.1.F. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.G. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variá-

vel que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.1.H. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.1.I. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.A.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita — os pares conjugados de PIs não integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas ou, em alternativa, os pares conjugados de PIs não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os pares conjugados de PIs não integram necessariamente PIs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.B. Interacção Complexa com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita por Resolução — os pares conjugados de PIs não integram necessariamente PIRs Unimodais que recorrem sempre à mesma MI e/ou não integram necessariamente PIRs Multimodais que recorrem sempre ao mesmo número de MIs, sendo estas sempre as mesmas.

2.A.2.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.B.2. Interacção Complexa com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.A.2.B.2.B.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal com Enquadramento Conjugado Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os

PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento — a alternância entre PIs Unimodais e PIs Multimodais não se encontra enquadrada por uma qualquer regra.

2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Perfeita — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas ou estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Multimodais variam no

número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

2.B.2.A.4. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.5. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.6. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.7. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.8. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas ou não integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.A.9. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs Multimodais variam no número de MIs utilizadas e ou os PIs Unimodais não recorrem sempre à mesma MI ou os PIs Multimodais não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita — ou os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIs Unimodais; ou os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais não variam no número de MIs utilizadas e estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIRs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs

Unimodais; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

2.B.2.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

2.B.2.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs Unimodais recorrem sempre à mesma MI, os PIRs Multimodais variam no número de MIs utilizadas, mas estas são sempre as mesmas e integram a utilizada nos PIRs Unimodais.

2.B.2.B.2.C. INTERACÇÃO COMPLEXA com Variedade Modal sem Enquadramento Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs Unimodais recorrem sempre à mesma MI e os PIs Multimodais recorrem sempre às mesmas MIs e estas incluem a MI dos PIs Unimodais; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal — tanto os PIs como os PIRs possuem carácter multimodal.

3.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Perfeita — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs e os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs e/ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.1.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.1.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.C. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.D. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.E. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.F. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.1.G. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Numericamente por Iniciação e Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.1.H. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Sensorialmente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.1.I. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Totalmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação e Numericamente por Resolução — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita — ou os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs ou os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.A. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita por Iniciação — os PIs não recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.A.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Iniciação — os PIs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.A.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

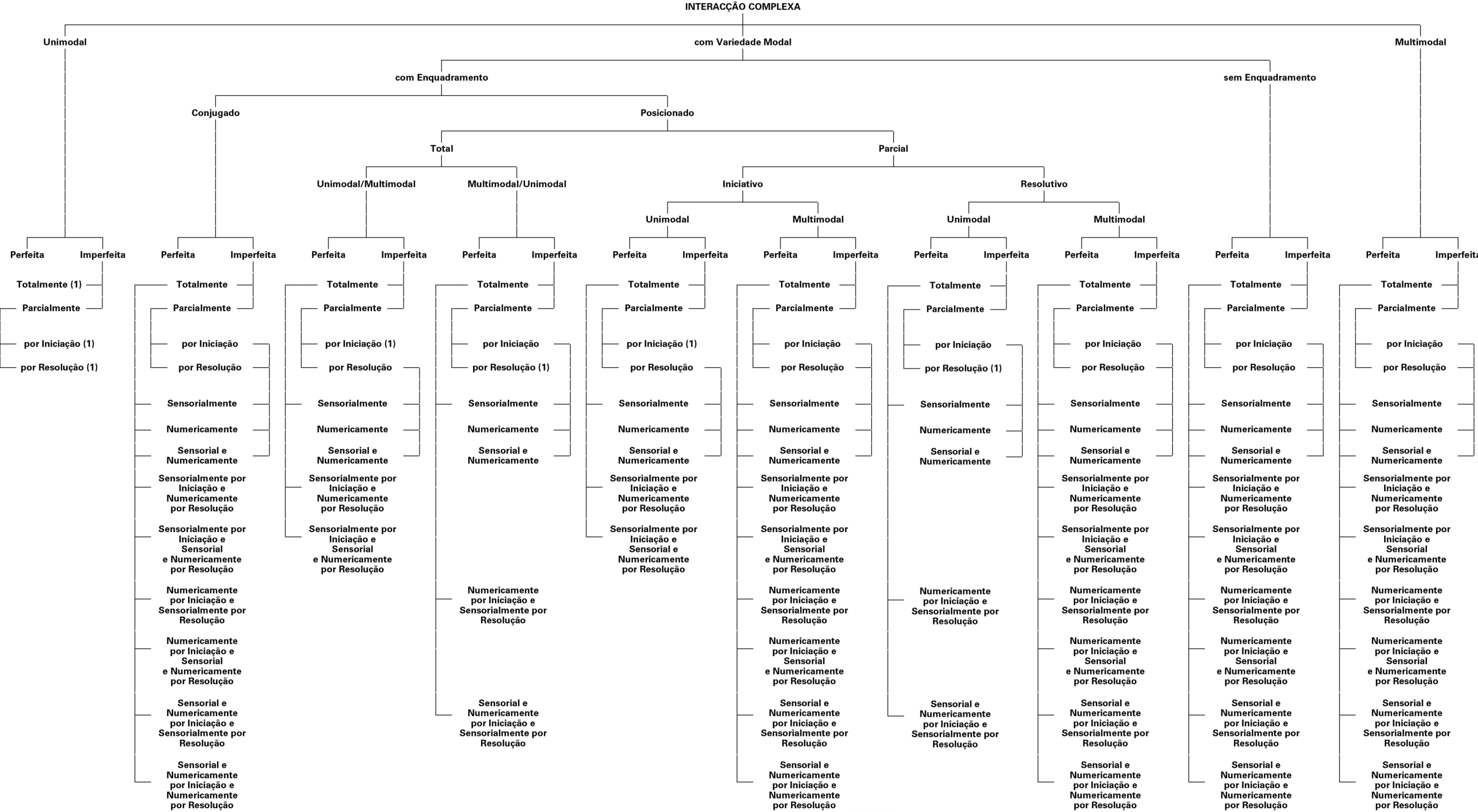
3.B.2.A.3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Iniciação — os PIs variam no número de MIs utilizadas e não integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIs de número inferior de MIs; os PIRs recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.B. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não recorrem sempre às mesmas MIs.

3.B.2.B.1. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorialmente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs não variam no número de MIs utilizadas, mas estas não são sempre as mesmas.

3.B.2.B.2. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.

3.B.2.B.3. INTERACÇÃO COMPLEXA Multimodal Parcialmente Imperfeita Sensorial e Numericamente por Resolução — os PIs recorrem sempre às mesmas MIs; os PIRs variam no número de MIs utilizadas, mas estas integram sempre um grupo-base de MIs não variável que corresponde às MIs utilizadas nos PIRs de número inferior de MIs.



1) Imperfeição necessariamente de âmbito sensorial

Quadro 8.

CLASSIFICAÇÃO DE UM PROCESSO INTERACTIVO QUANTO À PROFUSÃO E CONTEXTO DE SELECÇÃO DAS MODALIDADES DE INTERACÇÃO

1. PROCESSO INTERACTIVO Unimodal — recorre a apenas uma MI.

1.A. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Especializado** — a MI utilizada é a única susceptível de o ser.

1.B. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável** — a MI utilizada é seleccionável de entre um conjunto de MIs susceptíveis de serem utilizadas.

1.B.1. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário** — a selecção da MI utilizada é da responsabilidade do emissor.

1.B.1.A. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário por Imposição** — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.1.B. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário por Competição** — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.1.C. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Primário por Colaboração** — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

1.B.2. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário** — a selecção da MI utilizada é da responsabilidade do receptor.

1.B.2.A. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário por Imposição** — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.2.B. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário por Competição** — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.2.C. **PROCESSO INTERACTIVO Unimodal Adaptável Secundário por Colaboração** — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal — recorre a duas ou mais MIs.

2.A. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Especializado** — a combinação de MIs utilizada é a única susceptível de o ser.

2.B. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável** — a combinação de MIs utilizada é seleccionável de entre um conjunto de MIs susceptíveis de serem combinadas.

2.B.1. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário** — a selecção da combinação de MIs utilizada é da responsabilidade do emissor.

2.B.1.B. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário por Competição** — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.1.C. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Primário por Colaboração** — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.2. **PROCESSO INTERACTIVO Multiwmodal Adaptável Secundário** — a selecção da combinação de MIs utilizada é da responsabilidade do receptor.

2.B.2.A. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário por Imposição** — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.2.B. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário por Competição** — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.2.C. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Secundário por Colaboração** — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.3. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado** — a selecção da combinação de MIs utilizada é realizada de modo partilhado pelo emissor e pelo receptor.

2.B.3.A. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado por Imposição** — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.3.B. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado por Competição** — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.B.3.C. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Adaptável Partilhado por Colaboração** — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial** — pelo menos uma das MIs utilizadas é essencial para o desenvolvimento do PI e pelo menos uma outra MI utilizada é seleccionável de entre um conjunto de MIs (MIs optativas) susceptíveis de serem combinadas com a primeira.

2.C.1. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário** — a selecção das MIs optativas a combinar é realizada pelo emissor.

2.C.1.A. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário por Imposição** — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.1.B. **PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário por Competição** — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.C.1.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Primário por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.2. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário — a selecção das MIs optativas a combinar é realizada pelo receptor.

2.C.2.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.2.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

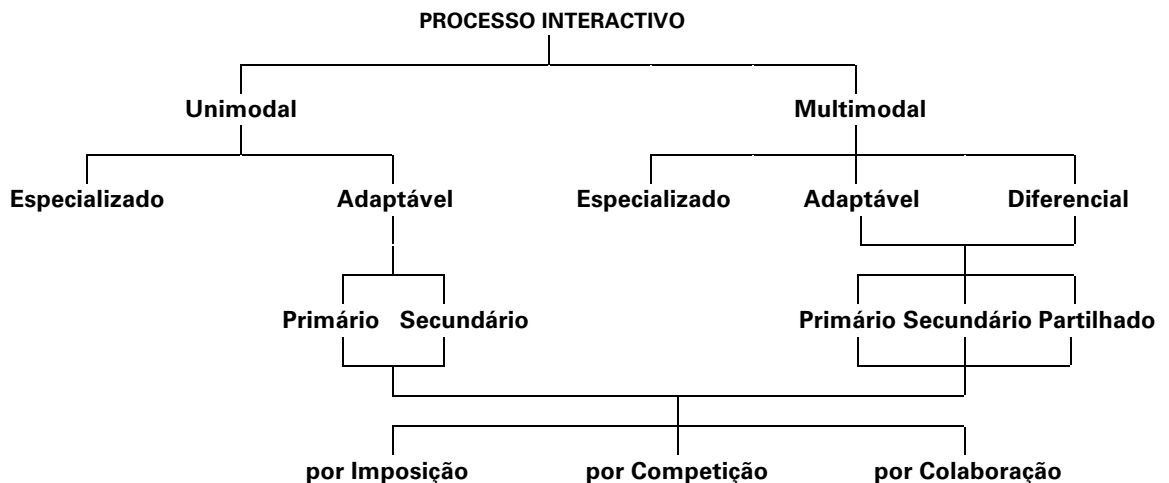
2.C.2.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Secundário por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.3. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado — é utilizada mais do que uma MI optativa e a sua selecção é realizada de modo repartido pelo emissor e pelo receptor.

2.C.3.A. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.3.B. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.C.3.C. PROCESSO INTERACTIVO Multimodal Diferencial Partilhado por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.



Quadro 9.

CLASSIFICAÇÃO DE UMA MODALIDADE DE INTERACÇÃO QUANTO À PROFUSÃO E CONTEXTO DE SELECÇÃO DAS DIMENSÕES DE INFORMAÇÃO

1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional — é processada apenas uma DI.

1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Especializada — a DI processada é a única susceptível de o ser.

1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável — a DI processada é seleccionável de entre um conjunto de DIs susceptíveis de serem processadas.

1.B.1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária — a selecção da DI processada é da responsabilidade do emissor.

1.B.1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.1.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Primária por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

1.B.2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária — a selecção da DI processada é da responsabilidade do receptor.

1.B.2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

1.B.2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

1.B.2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Unidimensional Adaptável Secundária por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional — são processadas mais do que uma DI.

2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Especializada — a combinação de DIs processadas é a única susceptível de o ser.

2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável — a combinação de DIs processadas é seleccionável de entre um conjunto de DIs susceptíveis de serem combinadas.

2.B.1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária — a selecção da combinação de DIs processadas é da responsabilidade do emissor.

2.B.1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.1.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Primária por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária — a selecção da combinação de MIs utilizada é da responsabilidade do receptor.

2.B.2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.B.2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Secundária por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.B.3. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada — a selecção da combinação de DIs processadas é realizada de modo partilhado pelo emissor e pelo receptor.

2.B.3.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.B.3.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.B.3.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Adaptável Partilhada por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial — pelo menos uma das DIs processadas é essencial para o desenvolvimento do PI e pelo menos uma outra DI processada é seleccionável de entre um conjunto de DIs (DIs optativas) susceptíveis de serem combinadas com a primeira.

2.C.1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária — a selecção das DIs optativas a combinar é realizada pelo emissor.

2.C.1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária por Imposição — a responsabilidade do emissor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária por Competição — a responsabilidade do emissor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

2.C.1.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Primária por Colaboração — a responsabilidade do emissor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária — a selecção das DIs optativas a combinar é realizada pelo receptor.

2.C.2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária por Imposição — a responsabilidade do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária por Competição — a responsabilidade do receptor resulta da competição entre o emissor e o receptor.

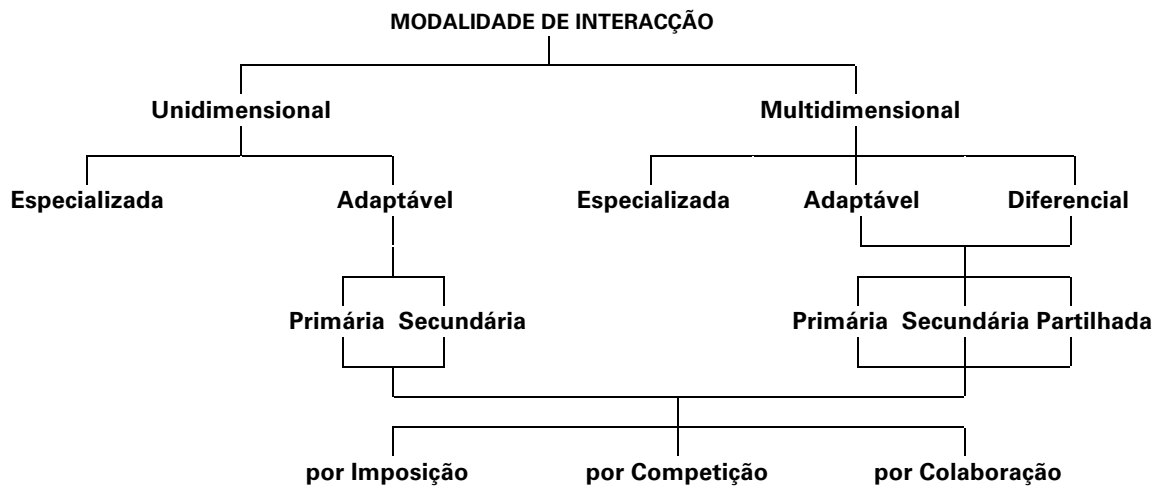
2.C.2.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Secundária por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.

2.C.3. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada — são utilizadas mais do que uma DI optativa e a sua selecção é realizada de modo repartido pelo emissor e pelo receptor.

2.C.3.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada por Imposição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor é imposta pelo designer de interacção que definiu o interface.

2.C.3.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada por Competição — a responsabilidade partilhada do emissor e do receptor resulta da competição entre estes.

2.C.3.C. MODALIDADE DE INTERACÇÃO Multidimensional Diferencial Partilhada por Colaboração — a responsabilidade do receptor resulta de decisão colaborativa entre o emissor e o receptor.



Quadro 10.

CLASSIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ASSOCIAÇÃO DE DADOS MULTIMODAIS

1. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais após o Nível de Aquisição — procede à associação de sinais em bruto imediatamente após a sua aquisição por parte dos sensores modais (a aquisição dos sinais em bruto é seguida da sua conversão num conjunto único de dados reconhecidos pelo sistema e, posteriormente, por uma atribuição de significado único; trata-se do nível de abstracção concebível mais baixo para a fusão de MIs).

1.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Pura — os sinais provenientes de todos os sensores modais são associados imediatamente após a sua aquisição.

1.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Impura — os sinais da clara maioria dos sensores modais são associados imediatamente após a aquisição, sendo os demais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

2. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados após o Nível de Reconhecimento — procede à associação de dados previamente reconhecidos individualmente com base nos sinais adquiridos por cada sensor modal (a aquisição dos sinais em bruto de naturezas distintas é seguida da sua conversão em dados que partilham uma linguagem de apresentação comum, sendo posteriormente alvo de atribuição de um significado único).

2.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Pura — os sinais provenientes de todos os sensores modais são previamente reconhecidos individualmente com base nos sinais adquiridos.

2.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Impura — os sinais provenientes da clara maioria dos sensores modais são previamente reconhecidos individualmente com base nos sinais adquiridos, sendo os demais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

3. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados durante o Nível de Decisão — procede à associação de significados individuais atribuídos previamente com base nos sinais adquiridos por cada sensor modal (a aquisição dos sinais em bruto de naturezas distintas é seguida da sua conversão em dados que partilham uma linguagem de apresentação comum, sendo posteriormente alvo de atribuição de um significado individual a cada conjunto de dados que, finalmente, se verão associados na criação de um significado total; trata-se do nível de abstracção concebível mais elevado para a fusão de MIs).

3.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados Pura — os sinais provenientes de todos os sensores modais sofrem a prévia atribuição de significados individuais com base nos sinais adquiridos.

3.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados Impura — os sinais provenientes da clara maioria dos sensores modais sofrem a prévia atribuição de significados individuais, sendo demais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

4. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida — associa as várias MIs de um modo heterogêneo, concretizando-se esta associação parcialmente através dos diferentes níveis do processo de fusão multimodal (após o nível de aquisição, após o nível de reconhecimento e durante o nível de decisão), com vista à atribuição de um significado global aos sinais adquiridos por cada sensor modal.

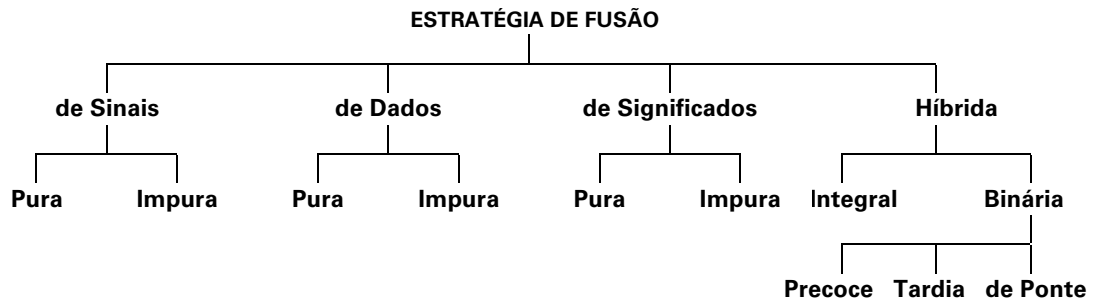
4.A ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Integral — associa os vários sinais através dos três níveis do processo de fusão multimodal.

4.B ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária — associa os vários sinais através de dois dos três níveis do processo de fusão multimodal.

4.B.1. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Precoce — associa os vários sinais através da fusão de sinais e da fusão de dados.

4.B.2. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Tardia — associa as várias MIs através da fusão de dados e da fusão de significados.

4.B.3. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária de Ponte — associa as várias MIs através da fusão de sinais e da fusão de significados.



QUADRO 11.
CLASSIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ASSOCIAÇÃO DE DADOS MULTIDIMENSIONAIS

1. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de sinais após o Nível de Aquisição — procede-se à associação de sinais em bruto imediatamente após a sua aquisição.

1.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Pura — todos os sinais adquiridos das várias DIs são associados imediatamente após a sua aquisição.

1.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Sinais Impura — os sinais adquiridos da clara maioria das DIs são associados imediatamente após a sua aquisição, sendo os demais sinais associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

2. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados após o Nível de Reconhecimento — procede-se à associação de dados reconhecidos individualmente.

2.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Pura — os vários sinais adquiridos das várias DIs são previamente reconhecidos de modo individual.

2.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Dados Impura — a clara maioria dos sinais adquiridos são previamente reconhecidos de modo individual, sendo os demais sinais adquiridos associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

3. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados durante o Nível de Decisão — procede-se à associação de significados atribuídos individualmente.

3.A. Fusão de Significados Pura — todos os sinais adquiridos originam uma prévia atribuição de significados individuais.

3.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO de Significados Impura — a clara maioria dos sinais adquiridos originam uma prévia atribuição de significados individuais, sendo os demais sinais adquiridos associados através de uma ou duas das restantes estratégias.

4. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida — procede-se à associação das várias DIs de um modo heterogéneo, concretizando-se esta associação parcialmente através de diferentes níveis do processo de fusão, com vista à atribuição de um significado global ao conjunto dos sinais adquiridos.

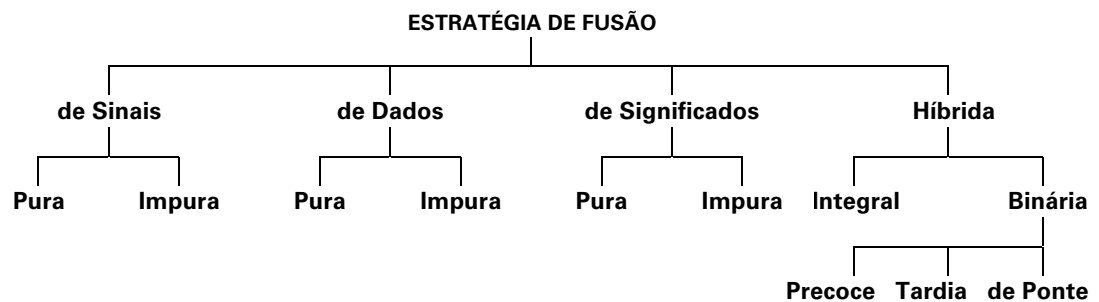
4.A. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Integral — associa as várias DIs através dos três níveis do processo de fusão.

4.B. ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária — associa as várias DIs de através de dois dos três níveis do processo de fusão multimodal.

4.B.1. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Precoce** — associa as várias DIs através da associação de sinais e da associação de dados.

4.B.2. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária Tardia** — associa as várias DIs através da associação de dados e da associação de significados.

4.B.3. **ESTRATÉGIA DE FUSÃO Híbrida Binária de Ponte** — associa as várias DIs através da associação de sinais e da associação de significados.



Quadro 12.

CLASSIFICAÇÃO DE OBJECTIVOS DE ASSOCIAÇÃO DE DADOS MULTIDIMENSIONAIS

1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão — compreende o PI Unimodal Multidimensional ou o PI Multimodal em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias DIs sofrem um processo de atribuição de sentido global conjugado.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante — cada uma das DIs adquire parte do conjunto de dados a processar com vista à produção de um sentido global conjugado, não sendo possível atribuir significados individuais autónomos.

1.A.1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de fusão cooperante.

1.A.2. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de fusão cooperante, sendo as demais utilizadas num contexto distinto de fusão ou num contexto de pseudo-fusão.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Complementar — o conjunto de dados adquiridos através de pelo menos uma das DIs é utilizado de modo a complementar o conteúdo informativo — que existe por si mesmo e com significado próprio construído — adquirido através de uma outra DI, dando origem à formação de um significado conjugado que será, em maior ou menor grau, distinto do significado construído pela última.

1.B.1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Complementar Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de fusão complementar.

1.B.2. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Cooperante Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de fusão complementar, sendo as demais utilizadas num contexto distinto de fusão ou num contexto de pseudo-fusão.

1.C. Processo Interactivo de Fusão Redundante — cada uma das DIs adquire a totalidade do conjunto de dados a processar, sendo construídos significados individuais para uma mesma mensagem, com vista à produção de um sentido global em que estes são comparados e se minimiza o potencial de imprecisões e erros de aquisição de dados.

1.C.1. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Redundante Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de fusão redundante.

1.C.2. PROCESSO INTERACTIVO de Fusão Redundante Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de fusão redundante, sendo as demais utilizadas num contexto distinto de fusão ou num contexto de pseudo-fusão.

2. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão — compreende o PI Unimodal Multidimensional ou o PI Multimodal em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias DIs não sofrem um processo de construção de significado conjugado, adquirindo cada uma delas conteúdo informativo particular ao qual é atribuído significado autónomo.

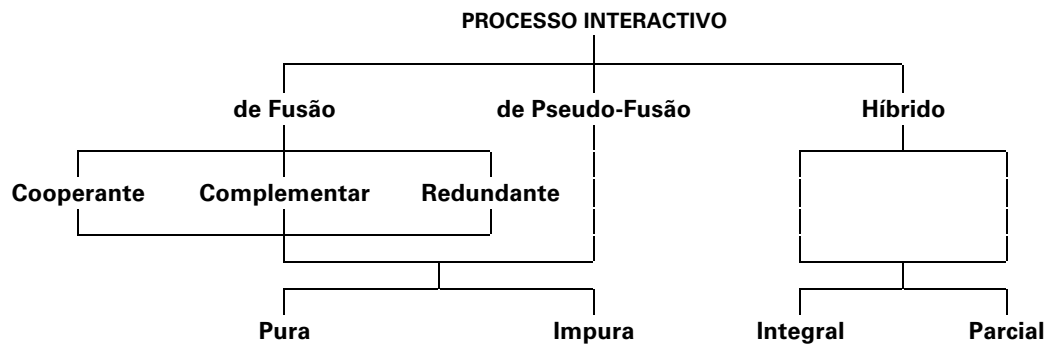
2.A. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão Pura — todas as DIs são utilizadas num contexto de pseudo-fusão.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO de Pseudo-Fusão Impura — a clara maioria das DIs são utilizadas num contexto de pseudo-fusão, sendo as demais utilizadas num contexto de fusão.

3. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido — compreende o PI Unimodal Multidimensional ou o PI Multimodal em que os conjuntos de dados adquiridos pelas várias DIs são processados de um modo heterogêneo, concretizando-se esta associação parcialmente através de diferentes níveis do processo de fusão e/ou de pseudo-fusão, com vista à produção de um ou mais significados globais.

3.A. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido Integral — associa as várias DIs através da totalidade dos vários processos de fusão e da pseudo-fusão.

3.B. PROCESSO INTERACTIVO Híbrido Parcial — associa as várias DIs de através de alguns dos vários processos de fusão e/ou da pseudo-fusão.



Quadro 13.

CLASSIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE CONCERTAÇÃO TEMPORAL DE DADOS MULTIDIMENSIONAIS

1. P PROCESSO INTERACTIVO Síncrono — compreende o Processo Interactivo Unimodal Multidimensional ou Multimodal em que se verifica uma simultaneidade em termos de molduras temporais de utilização das várias DIs a processar.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Total — a utilização das várias DIs a processar inicia-se e termina ao mesmo tempo.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Inicial — a utilização das várias DIs a processar inicia-se ao mesmo tempo, mas cessa em instantes de tempo distintos.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Terminal — a utilização das várias DIs a processar inicia-se em instantes de tempo distintos, cessando no entanto ao mesmo tempo.

1.D. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Envolvente — a utilização de uma DI a processar inicia-se primeiro e termina depois das demais, estando a moldura temporal de utilização destas últimas internamente compreendida pela moldura temporal da primeira, respeitando as demais entre si o conceito de envolvimento temporal ora enunciado.

1.E. PROCESSO INTERACTIVO Síncrono Sucessivo — a utilização das várias DIs a processar inicia-se e termina em instantes distintos e as que se iniciam primeiro cessam a sua utilização primeiro, de tal modo que não ocorre qualquer contexto de envolvimento temporal entre estas.

2. PROCESSO INTERACTIVO Assíncrono — compreende o Processo Interactivo Unimodal Multidimensional ou Multimodal em que se não se verifica coexistência temporal entre as várias DIs a processar.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO Assíncrono Contínuo — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através de uma sequência temporal contínua, não existindo qualquer hiato de tempo com significado (definido pelo designer do sistema) entre as molduras temporais de utilização de cada uma.

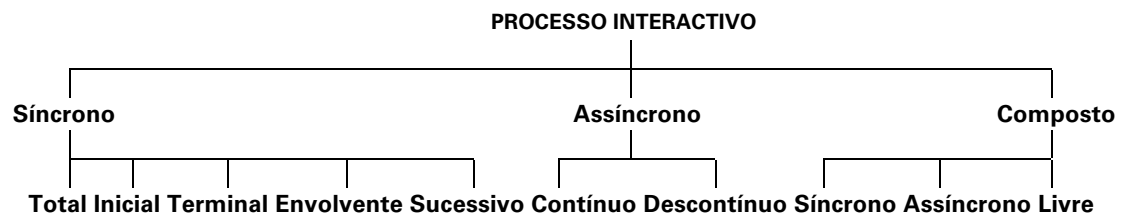
2.B. PROCESSO INTERACTIVO Assíncrono Descontínuo — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através de uma sequência temporal intervalada, existindo um hiato de tempo com significado (definido pelo designer do sistema) entre as molduras temporais de utilização de cada uma.

3. PROCESSO INTERACTIVO Composto — verifica-se uma concertação temporal desregrada entre as várias DIs a processar utilizadas, coexistindo várias formas de conjugação entre estas.

3.A. PROCESSO INTERACTIVO Composto Síncrono — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através de mais do que um contexto de concertação temporal síncrono (conjugações síncronas totais, síncronas iniciais, síncronas terminais, síncronas envolventes e/ou síncronas sucessivas).

3.B. PROCESSO INTERACTIVO Composto Assíncrono — verifica-se que a utilização das várias DIs a processar ocorre através de mais do que um contexto de concertação temporal assíncrono (conjugações assíncronas contínuas e assíncronas descontínuas).

3.C. PROCESSO INTERACTIVO Composto Livre — verifica-se a utilização das várias DIs a processar através da combinação simultânea de contextos de concertação temporal síncrona e assíncrona.



Quadro 14.

CLASSIFICAÇÃO DE UMA MODALIDADE DE INTERACÇÃO QUANTO AO SEU GRAU DE NATURALIDADE

1. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e em que o procedimento de sua utilização se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto.

2. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Natural Artificializada** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas em que o procedimento de sua utilização se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto.

3. **MODALIDADE DE INTERACÇÃO Artificial** — implica a utilização de um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



Quadro 15.
**CLASSIFICAÇÃO DE UMA MODALIDADE DE *OUTPUT* QUANTO AO SEU
GRAU DE NATURALIDADE**

1. **MODALIDADE DE *OUTPUT* Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e em que o procedimento de sua emissão se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto.
2. **MODALIDADE DE *OUTPUT* Natural Artificializada** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas em que o procedimento de sua emissão se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto.
3. **MODALIDADE DE *OUTPUT* Artificial** — implica a utilização de um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



Quadro 16.

CLASSIFICAÇÃO DE UM CANAL DE *INPUT* QUANTO AO SEU GRAU DE NATURALIDADE

1. **CANAL DE *INPUT* Natural** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido e em que o procedimento de sua aquisição se desenvolve de um modo equivalente ao que seria adoptado nesse contexto.

2. **CANAL DE *INPUT* Natural Artificializado** — implica a utilização do canal sensorial que é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido mas em que o procedimento de sua aquisição se desenvolve de um modo dissemelhante ao que seria adoptado nesse contexto.

3. **CANAL DE *INPUT* Artificial** — implica a utilização de um canal sensorial que não é natural ao modo de comunicação natural do conteúdo informativo transmitido.



Quadro 17.

CLASSIFICAÇÃO DE UMA MODALIDADE DE INTERACÇÃO QUANTO AO SEU GRAU DE NATURALIDADE

1. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal — a MO e o CI utilizados encontram-se conjugados em termos da sua naturalidade/artificialidade.

1.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural — a MO e o CI são Naturais.

1.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — a MO e o CI são Naturais Artificializados.

1.C MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Artificial — a MO e o CI são Artificiais.

2. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal — a MO e o CI utilizados não se encontram conjugados em termos da sua naturalidade/artificialidade

2.A. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado — a MO é Natural e o CI é Natural Artificializado.

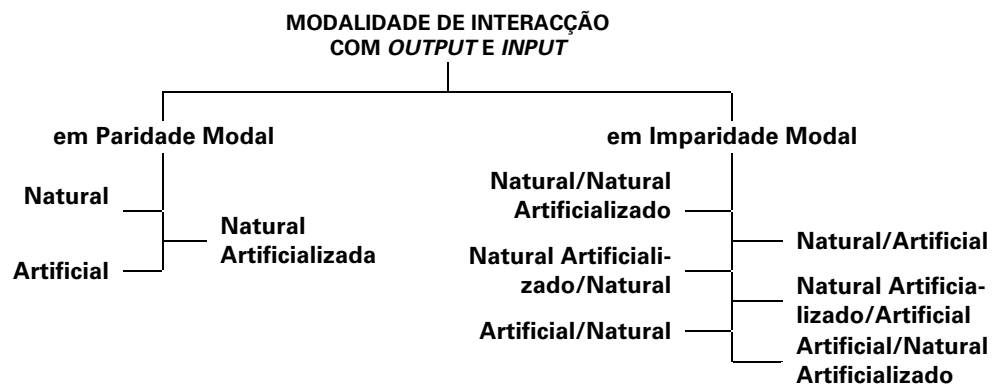
2.B. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — a MO é Natural e o CI é Artificial.

2.C MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Natural — a MO é Natural Artificializada e o CI é Natural.

2.D MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial — a MO é Natural Artificializada e o CI é Artificial.

2.E. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Artificial/Natural — a MO é Artificial e o CI é Natural.

2.F. MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado — a MO é Artificial e o CI é natural artificializado.



Quadro 18.

CLASSIFICAÇÃO DE UM PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL QUANTO AO SEU GRAU DE NATURALIDADE

1. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal — a MI integra uma MO e um CI conjugados em termos do seu grau de naturalidade.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural — a MI integra uma MO Natural e um CI Natural.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — a MI tem a MO e o CI em Paridade Modal Natural Artificializada.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Paridade Modal Artificial — a MI tem a MO e o CI em Paridade Modal em Paridade Modal Artificial.

2. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal — a MI integra uma MO e um CI que não se encontram conjugados em termos do seu grau de naturalidade.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializada.

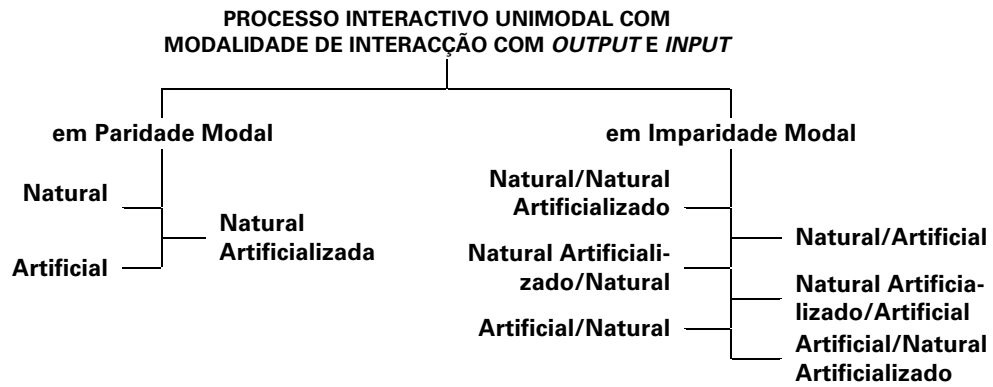
2.A. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural/Artificial.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Natural — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural Artificializada/Natural.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial.

2.E. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em Imparidade Modal Artificial/Natural — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Artificial/Natural.

2.F. PROCESSO INTERACTIVO UNIMODAL COM MODALIDADE DE INTERACÇÃO COM *OUTPUT* E *INPUT* em imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado — a MI tem a MO e o CI em Imparidade Modal Artificial/Natural Artificializado.



Quadro 19.

CLASSIFICAÇÃO DE UM PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL QUANTO AO GRAU DE NATURALIDADE DAS SUAS MODALIDADES DE *OUTPUT*

1. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal — as MOs utilizadas possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal Natural — as MOs utilizadas são todas MO Natural.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — as MOs utilizadas são todas MO Natural Artificializado.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Paridade Modal Artificial — as MOs utilizadas são todas MO Artificial.

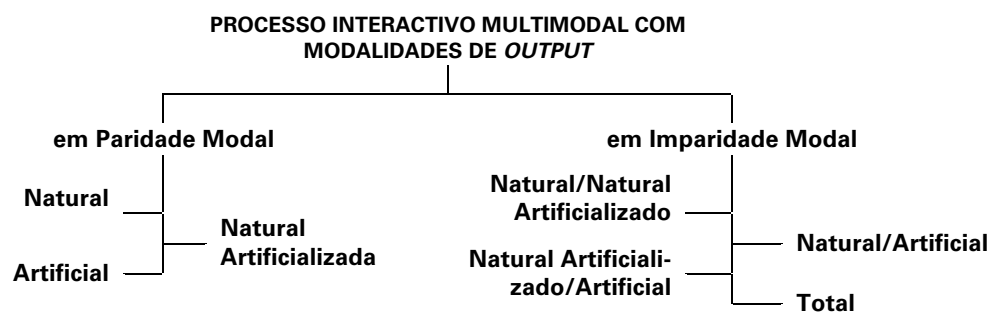
2. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal — as MOs utilizadas não possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializada — recorre-se a uma ou mais MOs Natural e a uma ou mais MOs Natural Artificializado.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — recorre-se a uma ou mais MOs Natural e a uma ou mais MOs Artificial.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializada/Artificial — recorre-se a uma ou mais MOs Natural Artificializado e a uma ou mais MOs Artificial.

2.D. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM MODALIDADES DE *OUTPUT* em Imparidade Modal Total — recorre-se a uma ou mais MOs Natural, a uma ou mais MOs Natural Artificializado e a uma ou mais MOs Artificial.



Quadro 20.

CLASSIFICAÇÃO DE UM PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL QUANTO AO GRAU DE NATURALIDADE DOS SEUS CANAIS DE *INPUT*

1. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal — os CIs utilizados possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

1.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal Natural — os CIs utilizados são todos CI Natural.

1.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal Natural Artificializada — os CIs utilizados são todos CI Natural Artificializado.

1.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Paridade Modal Artificial — os CIs utilizados são todos CI Artificial.

2. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal — os CIs utilizados não possuem a mesma classe de carácter relacional com os sentidos utilizados naturalmente.

2.A. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Natural Artificializado — recorre-se a um ou mais CIs Natural e a um ou mais CIs Natural Artificializado.

2.B. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Natural/Artificial — recorre-se a um ou mais CIs Natural e a um ou mais CIs Artificial.

2.C. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Natural Artificializado/Artificial — recorre-se a um ou mais CIs Natural Artificializado e a um ou mais CIs Artificial.

2.D. PROCESSO INTERACTIVO MULTIMODAL COM CANAIS DE *INPUT* em Imparidade Modal Total — recorre-se a um ou mais CIs Natural, a um ou mais CIs Natural Artificializado e a um ou mais CIs Artificial.

